

SÉRIE A, n° 280

N° D'ORDRE : 930

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

PAR M. J. RAY,

Agrégé-Préparateur à l'École Normale supérieure.

1^{re} THÈSE. — VARIATIONS DES CHAMPIGNONS INFÉRIEURS SOUS
L'INFLUENCE DU MILIEU.

2^{me} THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 24 Juin 1897, devant la Commission d'Examen.

MM. G. BONNIER *Président*

MUNIER-CHALMAS. }
A. GIARD } *Examineurs*

LILLE

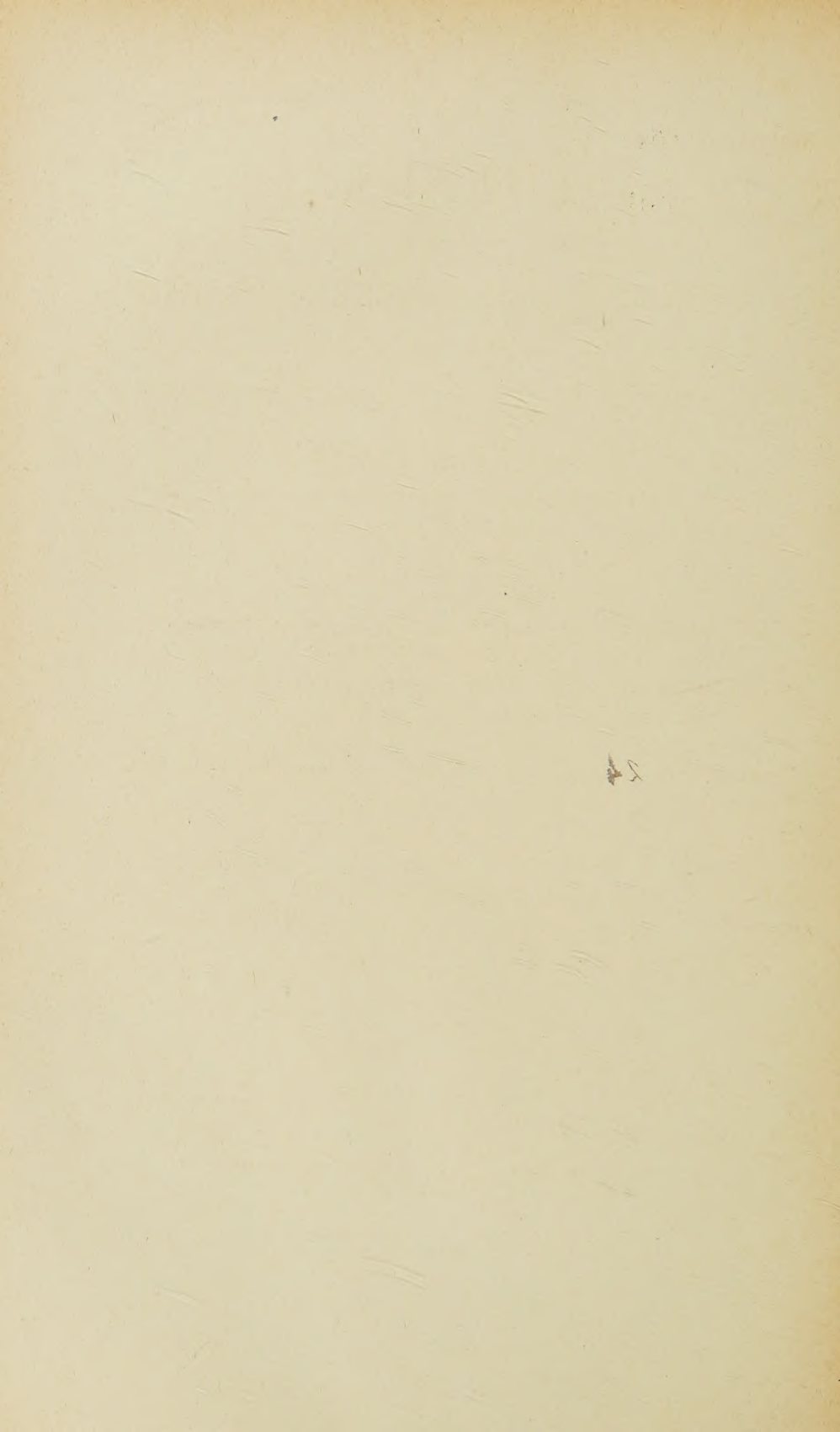
LE BIGOT FRÈRES, IMPRIMEURS-ÉDITEURS

68, rue Nationale, et 25, rue Nicolas-Leblanc.

—
1897



Digitized by the Internet Archive
in 2026



SÉRIE A, n° 280

N° D'ORDRE : 930

THÈSES

PRÉSENTÉES

A LA FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

POUR OBTENIR

LE GRADE DE DOCTEUR ÈS-SCIENCES NATURELLES

PAR M. J. RAY,

Agrégé-Préparateur à l'École Normale supérieure.

1^{re} THÈSE. — VARIATIONS DES CHAMPIGNONS INFÉRIEURS SOUS
L'INFLUENCE DU MILIEU.

2^{me} THÈSE. — PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ.

Soutenues le 24 Juin 1897, devant la Commission d'Examen.

MM. G. BONNIER *Président*

MUNIER-CHALMAS. }
A. GIARD } *Examineurs*

LILLE

LE BIGOT FRÈRES, IMPRIMEURS-ÉDITEURS

68, rue Nationale, et 25, rue Nicolas-Leblanc.

1897

UNIVERSITÉ DE PARIS

FACULTÉ DES SCIENCES DE PARIS

MM.

<i>Doyen</i>	DARBOUX, professeur .	Géométrie supérieure.
	DE LACAZE-DUTHIERS	Zoologie, Anatomie, Physiologie comparée.
	HERMITE	Algèbre supérieure.
	TROOST	Chimie.
	FRIEDEL	Chimie organique.
	LIPPMANN	Physique.
	HAUTEFEUILLE	Minéralogie.
	BOUTY	Physique.
	APPELL	Mécanique rationnelle.
	DUCLAUX	Chimie biologique.
	BOUSSINESQ	Calcul des probabilités, Physique mathématique.
	PICARD	Calcul différentiel et calcul intégral.
<i>Professeurs</i>	POINCARÉ	Astronomie mathématique et Mécanique céleste.
	YVES DELAGE	Zoologie, Anatomie, Physiologie comparée.
	BONNIER	Botanique.
	DASTRE	Physiologie.
	DITTE	Chimie.
	MUNIER-CHALMAS . . .	Géologie.
	GIARD	Zoologie, Évolution des êtres organisés.
	WOLF	Astronomie physique.
	KÖNIGS	Mécanique physique et expérimentale.
	VÉLAIN	Géographie physique.
	CHATIN	Zoologie, Anatomie, Physiologie comparée.
<i>Professeurs adjoints</i> }	JOLY	Chimie.
	PELLAT	Physique.
	PAINLEVÉ	Calcul différentiel et calcul intégral.
<i>Secrétaire.</i>	FOUSSEREAU.	

A Monsieur J. COSTANTIN,

Maître de Conférences à l'École Normale Supérieure,

ET

Monsieur G. BONNIER,

Membre de l'Institut, Professeur à la Sorbonne.

A Monsieur F. HOUSSAY,

Maître de Conférences à l'École Normale Supérieure,

ET

Monsieur A. GIARD,

Professeur à la Sorbonne.

A MA MÈRE

VARIATIONS DES CHAMPIGNONS INFÉRIEURS

SOUS L'INFLUENCE DU MILIEU

par M. J. RAY.

INTRODUCTION

Tous ceux qui ont étudié les Champignons ont remarqué le polymorphisme de ces plantes. Quand, par exemple, on examine une moisissure développée sur une substance quelconque, il est rare que, prenant deux fragments en des points même très voisins, on ne trouve pas de différences entre eux ; et une variation, extrêmement petite, survenue dans les conditions du milieu suffit quelquefois à produire des changements très sensibles dans la plante. Nous savons d'autre part que l'on trouve des formes de Champignons très diverses ; chaque jour nous en apporte de nouvelles. Sont-elles très distinctes, irréductibles les unes aux autres, ou bien se métamorphosent-elles sans cesse l'une en l'autre ? Jusqu'où peut s'étendre la variation de ces êtres quand les germes s'en disséminent et retombent sur des substrata divers ? Quel est, en d'autres termes, le degré de fixité des formes que nous rencontrons ? D'autre part, quoi qu'il en soit de leur variabilité, comment en établir une classification, une classification naturelle bien entendu ? En quelle mesure faut-il tenir compte d'une ressemblance ou d'une différence ? Il n'est pas évident qu'il faille plutôt réunir deux plantes ayant le même thalle que deux plantes ayant le même appareil reproducteur. Ce sont ces deux questions, *variabilité des caractères* et *importance relative de ces caractères*, auxquelles nous nous sommes proposé de répondre dans quelques cas particuliers.

Nous avons, à cet effet, recueilli des moisissures, et nous les avons cultivées dans des conditions aussi variées que possible.

Que cette méthode nous renseigne sur la variabilité des caractères, cela ne fait aucun doute. Comment maintenant les résultats obtenus peuvent-ils servir à la classification ?

Les formes vivantes actuelles dérivent d'un certain nombre d'autres formes antérieures, celles-ci des précédentes, etc..., l'origine première étant composée de formes très simples. Soit A l'une de ces formes ; elle a produit, en évoluant dans diverses directions, des formes $A_1, A_2, \dots$, et d'ailleurs elle a pu se conserver elle-même en se compliquant plus ou moins, donnant un être (A) ; $A_1, A_2, \dots$ se comportent d'une façon analogue.

La série (A), $(A_1) \dots$ représente l'ensemble des formes actuelles. Il existe entre celles-ci des rapports de « parenté » qu'on exprime d'une manière abrégée en disant par exemple que l'une descend de l'autre. Or, on les trouve mêlées d'une façon quelconque. Faire une classification naturelle consiste à retrouver leurs rapports de parenté, et à les grouper ensemble selon ces rapports.

Comment peut-on juger d'une parenté, lorsqu'on dispose simplement des caractères actuels ? Les caractères présentés par une forme ne sont pas d'une acquisition aussi ancienne les uns que les autres. Connaître l'ordre d'apparition des caractères mettrait sur la voie de la solution du problème. Lorsqu'un caractère s'établit dans une forme, il s'ajoute à d'autres, qui pouvaient exister sans lui, et sa qualité dépend forcément d'un ou plusieurs de ces derniers. Ainsi les caractères plus récents dépendent de plus anciens. La variation de ceux-ci modifie toujours les autres ; les premiers *peuvent* varier sans que les seconds s'en ressentent. On conçoit donc que la variation des caractères *puisse* nous renseigner sur ceux qu'il faudra prendre en premier lieu pour établir un groupement, c'est-à-dire sur les plus importants.

Nous avons cherché de plus à mettre en lumière *l'influence exercée par un milieu déterminé*.

Telles étant les considérations qui nous ont guidé, nous avons fait de nombreuses cultures dont les résultats sont exposés dans ce travail. Une moisissure, dans chacun des milieux où nous la plaçons, y acquiert un ensemble de caractères, qui est la mesure de la variabilité de la plante relativement au milieu imposé. Mais ce n'est pas dès le premier développement de la moisissure dans ce milieu que ces caractères sont établis ; on observe d'abord une période

intéressante d'évolution, plus ou moins longue, pendant laquelle la plante *s'adapte*. Nous constatons alors que les *propriétés ainsi acquises se maintiennent* ; elles se transmettent aux générations suivantes, à condition que le milieu soit toujours le même.

C'est par l'étude de ces formes diverses réalisées en partant d'une forme origine que nous commencerons. Nous décrirons d'abord, prenant une de nos moisissures comme type, les cultures pratiquées suivant la méthode ordinaire des laboratoires avec des aliments de toute sorte ; un second chapitre sera réservé à quelques conditions spéciales ; puis, nous parlerons de ces phénomènes qui précèdent l'établissement des caractères correspondant à un milieu déterminé, c'est-à-dire des phénomènes d'adaptation. Après cet exposé, viendra l'examen plus rapide des autres champignons qui avec le premier ont fait l'objet de nos recherches.

Les échantillons d'où nous sommes partis pour procéder aux cultures appartiennent aux genres *Sterigmatocystis*, *Aspergillus*, *Penicillium*. C'est un *Sterigmatocystis* que nous prendrons comme type.

Le nombre de nos cultures a dépassé douze cent. Elles ont été faites sur les milieux suivants :

A. *Milieux solides ou pâteux* :

- 1° Carotte, pomme de terre, en morceaux ;
- 2° Riz ;
- 3° Fragments de canne à sucre ;
- 4° Gélatine nutritive.

B. *Milieux liquides* :

- 1° Solutions sucrées : glucose, lévulose, saccharose, au cinquantième ;
- 2° Jus de carotte ;
- 3° Empois d'amidon (assez pâteux) ;
- 4° Solutions de sels minéraux : azotates de potasse et d'ammoniaque, phosphates de potasse et d'ammoniaque au vingt-cinquième.

Ces substances étaient renfermées dans des tubes à essais ordinaires bouchés avec de l'ouate.

Les conditions spéciales dont nous parlions plus haut sont :

- 1° Milieux liquides *agités* pendant toute la durée du développement de la plante ;

2° Tubes ordinaires fermés hermétiquement ;

3° Tubes de grande dimension, ouverts ou fermés.

Nous avons examiné les cultures à tous les points de vue, dans leur morphologie et leur structure. De même qu'en étudiant les plantes phanérogames, il faut attacher autant d'attention aux racines, tiges et feuilles qu'à la fleur pour connaître complètement un type, de même ici, aucun organe du végétal n'a été négligé dans l'observation soit directe, soit microscopique.

La technique employée par nous est une de celles qui déforment le moins ces plantes délicates ; ceci a grande importance, il eût été fâcheux que des variations fussent introduites par les réactifs.

Notre méthode est simplement la suivante :

1° Fixation par l'alcool à 90° ;

2° Coloration par le violet de Gentiane.

Un fragment de la culture, fixé par un séjour de vingt-quatre heures au moins dans l'alcool, reste ensuite une demi-heure environ dans une solution de violet additionnée de quelques gouttes d'alcool à 90°. La teinture se prépare dans un verre de montre ; elle doit être très-étendue, il faut qu'on puisse apercevoir un objet placé sous le verre.

Ce traitement suffit pour étudier la forme extérieure et le cloisonnement ; le contenu des compartiments se trouve coloré en masse.

Pour voir les noyaux, nous avons eu recours à la coloration par l'hématoxyline ; c'est la teinture préconisée par G. von Istvánli (1) pour la coloration des noyaux de divers champignons, par M. Léger (2) pour les noyaux des mucorinées.

Nous adressons tous nos remerciements à MM. J. Costantin et A. Giard ainsi qu'à M. Em. Boulanger pour les nombreux matériaux qu'ils ont bien voulu nous donner ; à M. F. Houssay, qui a mis à notre disposition l'avantageuse installation de son laboratoire pour nos expériences sur des liquides agités ; à M. A. Cligny pour son aide précieuse dans le montage de nos appareils.

(1) Berichte d. D. Bot. Ges., 1895.

(2) Léger : *Recherches sur la structure des Mucorinées*, Thèse, 1895.

CHAPITRE PREMIER

CULTURE D'UN *STERIGMATOCYSTIS* EN TUBES ORDINAIRES

Ayant laissé moisir des substances alimentaires dans le but de nous procurer des matériaux, nous avons trouvé à la surface d'un fromage une efflorescence blanche ; c'est un champignon dont la diagnose se rapproche le plus de celle donnée par Saccardo pour le *Sterigmatocystis alba* :

S. alba Van Tieghem — Mycelio maculiformi albo ; hyphis filiformibus 84 μ longis, vesiculam 35-45 μ diam. gerentibus ; basidiis 16-17 μ longis ; sterigmatibus 12-13 μ longis ; conidiis sphaericis albis 3,2 μ diam.

Nous allons entreprendre la description précise des cultures qui en ont été faites sur les milieux cités plus haut.

1^o CULTURES SUR LIQUIDES SUCRÉSa) *Glucose* (Pl. 14, fig. 14).

A la surface du liquide s'étend un feutrage très léger, peu opaque, blanchâtre ; par endroits se dressent dans l'air de petits amas blancs d'aspect granuleux. C'est l'appareil végétatif ou thalle du champignon qui forme la première partie de cet ensemble ; le reste est la fructification. Le port de la plante est différent de celui qu'elle présentait sur le milieu d'origine : l'appareil végétatif y était diffus au point de n'être presque pas visible, et la fructification avait une forme plus précise.

Le feutrage qui constitue le thalle est un enchevêtrement très complexe de filaments incolores, très ramifiés sans régularité aucune, étroits et d'un calibre à peu près constant. Nous en indiquerons les dimensions dans un tableau final. Tous sont divisés

par des cloisons planes, en général équidistantes ; dans le cas où la largeur est un peu plus considérable, les cloisons sont un peu plus rapprochées ; quand elle est un peu moindre, les cloisons s'éloignent : il semble donc que l'espace compris entre deux cloisons soit constant (ce n'est pas spécial au cas actuel ; les filaments des oscillaires, par exemple, présentent la même disposition). Les compartiments en lesquels sont ainsi partagées les hyphes du champignon renferment chacun plusieurs noyaux ; ce sont des articles ; les noyaux sont petits et n'ont pas une grosseur invariable (Pl. 12, fig. 5a et 5b). La structure articulaire n'a pas encore été signalée dans le genre *Sterigmatocystis*, mais dans un genre très voisin, le genre *Aspergillus* (*A. glaucus*) elle a été mise en évidence par M. Dangeard (1).

La fructification (fig. 14 est un groupe de filaments dressés terminés par un massif de spores. Le pied qui porte cette masse est identique, à part sa forme droite, aux filaments du thalle. L'extrémité libre est arrondie et porte trois ou quatre filaments semblables très courts et par conséquent peu ou point cloisonnés, insérés à la même hauteur. En certains endroits de la préparation, on ne voit pas autre chose. Ailleurs, chacun de ces filaments terminaux est plus long et fragmenté en de très courts articles légèrement renflés dans leur région moyenne ; leur largeur augmente progressivement au fur et à mesure qu'on se rapproche du sommet d'un filament. En d'autres endroits, les articles terminaux, c'est-à-dire les plus gros, qui sont en même temps presque ronds, sont séparés les uns des autres, la membrane commune s'étant gélifiée dans sa région moyenne. La gelée finit par se dissoudre et l'on trouve des articles isolés. Ce sont des spores, car ils peuvent se développer en filaments mycéliens identiques à ceux de la plante mère. Leur formation, dans son origine et dans la différenciation, est successive, mais toutes, une fois détachées, ont les mêmes dimensions. Le nombre n'en est pas le même sur les trois branches du même pied ni sur deux pieds différents. Enfin, la partie du filament sporifère qui demeure stérile et sert de pédicelle au chapelet de spores n'a pas une longueur constante.

Les caractères de la reproduction en culture sur glucose sont donc :

(1) Dangeard : *La reproduction sexuelle des Ascomycètes* (le Botaniste, série IV).

1° Ramification verticillée d'un filament dressé ;

2° Formation, sur chaque rameau, d'un chapelet de spores qui toutes ont même diamètre.

En quoi s'est modifiée, dans le changement de milieu, la plante déterminée *Sterigmatocystis alba* ? Un certain nombre de caractères se sont conservés : la structure articulaire du thalle, la ramification terminale dans le cas de reproduction, le chapelet de spores, et enfin *la dimension des spores*. Tous les autres se sont plus ou moins effacés ou même ont disparu ; d'une façon générale, ce sont les qualités de nombre qui ont varié surtout.

b) *Lévulose*.

La culture sur lévulose est identique à celle sur glucose.

c) *Saccharose* (Pl. 14, fig. 17).

Le Champignon s'est fort peu développé ; on ne voit que quelques flocons d'un tissu très léger.

Il y a encore un enchevêtrement, très ramifié, de filaments cloisonnés en articles, mais ceux-ci ont un contour irrégulier et un volume variable. On trouve soit de courts articles renflés, soit de plus longs articles dont la surface présente des renflements locaux. Parmi les premiers, il en est qui n'ont plus entre eux qu'un contact de faible étendue ; ils ont presque la forme sphérique. Les dimensions de tous les articles sont supérieures à celles de la précédente culture.

L'appareil reproducteur est plus différencié et rappelle davantage le type origine ; c'est toujours cependant un filament dressé portant un amas de spores, un pied et une tête sporifère. Le pied n'a pas la même constitution qu'un segment du thalle, c'est un filament non cloisonné, long et rectiligne, relativement étroit, terminé par un renflement. Sur ce renflement sont insérés, en nombre variable, de courts articles, dont la hauteur et la largeur sont généralement variables ; chacun d'eux se ramifie en deux ou trois branches courtes prolongées par un chapelet de spores. Ces dernières branches sont semblables à celles qui portaient des spores dans la culture sur glucose, mais seulement quand la différenciation en est achevée ; la branche sporifère jeune n'est pas

identique dans les deux cas, elle se distingue principalement ici par le fait que la formation des spores n'apparaît plus si nettement comme une fragmentation successive en articles d'abord presque semblables aux autres ; la sporogenèse est plus condensée, elle se montre comme un bourgeonnement progressif du filament, et le bourgeon a la forme d'une spore petite. En second lieu, nous voyons que les rapports de l'hyphé sporifère avec le pied sont plus compliqués ; l'insertion n'est pas directe, il y a ce qu'on peut appeler des basides (sans vouloir chercher ici une homologation avec les basides des champignons supérieurs). C'est donc toute la complication du *Sterigmatocystis alba*, mais sans différenciation poussée aussi loin, puisque les divers organes ne présentent ni forme ni dimension constantes.

Les caractères suivants se sont par conséquent maintenus : ramification terminale en hyphes sporifères, chapelets de spores, basides, dimension des spores.

En somme, dans les liquides sucrés employés ici, le *Sterigmatocystis alba* a donné :

Un thalle feutré peu consistant, très fragmenté, souvent avec dissociation concomitante.

Un appareil reproducteur formé d'un filament dressé, non différencié, ramifié au sommet en filaments courts que terminent des chapelets de spores de dimension constante ; cette ramification terminale peut se faire à deux degrés.

2^o CULTURE SUR L'EMPOIS D'AMIDON

L'empois dont nous nous sommes servis était d'une consistance pâteuse.

On voit se dresser de place en place, parfois réunies en groupe assez serré, des têtes fructifères. L'appareil végétatif n'est pas visible. Il est formé en effet d'un mycélium très diffus ; si l'on examine au microscope un peu de la matière amylacée superficielle, on y trouve un lacis fort lâche d'hyphes ramifiées et abondamment cloisonnées (Pl. 14, fig. 18). Les articles sont de deux sortes, les uns allongés et cylindriques, cependant légèrement renflés à leurs bouts, les autres courts et arrondis ; la première forme se trouve de préférence au voisinage de la surface, la seconde

est dans la profondeur. Cette irrégularité nous rappelle ce que nous avons vu dans la culture sur saccharose, mais elle est moins accentuée. Les pieds sporifères sont des filaments larges, longs, coupés par d'assez fréquentes cloisons, munis d'un renflement terminal ; c'est maintenant une complication plus grande que le type origine. Par contre, *à part les spores*, le reste de la fructification n'a pas une forme déterminée ; on y retrouve pourtant à l'état de tendances les caractères manifestés par la précédente culture.

Envisageons maintenant les cultures faites sur des milieux plus complexes, carotte, pomme de terre, soit solides, liquides. Il y a ici mélange d'aliment sucré et d'aliment amylacé ; le premier prédomine dans la carotte, le second dans la pomme de terre.

3° CULTURE SUR CAROTTE SOLIDE

(Pl. 13)

Le développement de la moisissure est ici d'une grande intensité. Tandis que dans les milieux précédents, le saccharose par exemple, il faut un ou deux mois pour obtenir un léger flocon de mycélium, il suffit ici de cinq jours pour que le morceau de carotte soit presque entièrement blanchi d'une fructification très compacte, semblable en son aspect extérieur à celle qui recouvrait le fromage où nous avons trouvé le Champignon. La carotte solide est un milieu extrêmement nutritif et qui convient parfaitement à la plante. Il est même loin d'être épuisé par une première production ; si l'on gratte la surface de la carotte recouverte par le Champignon de manière à enlever au moins toute la fructification de celui-ci, au bout de quatre à cinq jours, la culture a repris son premier aspect ; cela prouve de plus que le mycélium n'a pas excrété dans le substratum de substance soluble nuisible ; les spores tombées de n'importe quelle fructification ont pu germer comme celles qu'on avait semées, et se développer de la même façon. Nous ajouterons à ce propos que le phénomène de la germination sur place des spores avec reprise de végétation se manifeste toujours, mais au bout d'un temps plus long, dans n'importe quelle culture, et il est bon d'examiner les cultures dans la première phase.

Si l'on fait une coupe dans le morceau de carotte envahi par le

Champignon. on constate à l'œil nu que sa surface porte, intimement appliquée contre elle, une peau blanche d'un demi-millimètre d'épaisseur : on peut l'enlever sans arracher en même temps des parcelles du milieu nutritif ; elle porte à sa face supérieure les têtes fructifères.

Examinons au microscope une coupe très mince. Dans la portion de cette coupe qui intéresse la carotte, au milieu d'une pulpe remplie de chromoleucites et de cristaux d'oxalate de chaux, on voit serpenter en tous sens des filaments mycéliens. Les parois des cellules de la carotte sont encore distinctes, plus ou moins déchirées, mais les vaisseaux du bois sont fort bien conservés. Quand on se rapproche de la surface, le mycélium est très enchevêtré : à la surface même, on aperçoit un tissu très serré, un stroma, la peau blanche de tout à l'heure, dont la région libre est pourtant un feutrage peu compact. Telle est la répartition du thalle. La forme et la structure des filaments n'est pas la même suivant qu'on envisage le mycélium interne ou le stroma, et dans celui-ci la région moyenne ou les bords.

1. *Mycélium interne* (Pl. 13, fig. 6a). On est immédiatement frappé du contour très sinueux en même temps que de la ramification fréquente des filaments qui présentent de nombreuses expansions latérales arrondies. On observe en outre de fréquentes anastomoses entre ces filaments. Leur largeur est relativement grande, nous n'avions pas de filaments d'un aussi grand diamètre dans les cultures antérieures. Les cloisons sont rares, les articles par conséquent très longs et contournés. C'est presque une *tendance à la structure continue*. Nous ne saurions mieux faire comprendre la nature de ce mycélium qu'en le comparant au thalle intercellulaire de champignons parasites, en particulier à celui d'une Péronosporacée. Du reste, il n'y a pas grande différence entre les conditions de vie du parasite qui serpente dans les lacunes de la feuille plus ou moins remplies des produits de gélification des membranes et de la moisissure qui se développe dans la masse des cellules disjointes de la carotte. Un autre caractère assez remarquable de ce mycélium est la formation, principalement au voisinage des vaisseaux du bois, de filaments spéciaux, en tous points comparables aux poils absorbants des racines terrestres ; ils présentent

une surface accidentée dont la forme est évidemment ici déterminée par les obstacles rencontrés (parois des vaisseaux). Cela montre bien la souplesse de ce mycélium interne.

2. *Stroma* (Pl. 13, fig. 6b). — Au voisinage du stroma, le mycélium change progressivement de nature. Voici quelle est la constitution de ce stroma : des filaments très entortillés les uns dans les autres, ramifiés, sans sinuosités cette fois, mais au contraire avec des changements de direction brusques ; leur largeur est moindre, avec une membrane plus épaisse ; les cloisons sont rapprochées. Ce tissu très dense est essentiellement superficiel. A sa face libre, les filaments sont formés d'assez longs articles, droits, renflés à un bout, présentant une membrane assez épaisse. J'insiste sur ce renflement d'une extrémité, qui a cette particularité de ne jamais se manifester sur deux extrémités d'articles en contact ; il est toujours sur le bout le plus jeune, c'est-à-dire contre la cloison la dernière formée ; il résulte d'une continuation de la croissance après l'apparition de cette cloison. Ce caractère s'est d'ailleurs manifesté dans le mycélium aérien de bien des cultures du Champignon qui nous occupe.

Nous avons donc un thalle très développé comprenant :

- 1° Un mycélium sinueux, souple, large, presque continu ;
- 2° Un stroma résistant, avec hyphes superficielles en articles cylindro-coniques.

Le pied fructifère est un filament dressé, long et large, à membrane deux ou trois fois plus épaisse que celle des filaments aériens ordinaires (Pl. 13, fig. 6d). Sur toute sa longueur, il est sectionné par des cloisons planes perpendiculaires à son axe, formées d'une membrane assez mince ; on peut compter une trentaine de pareilles cloisons sur une longueur de un millimètre. Le sommet est renflé et porte en grand nombre des articles (basides) dont la longueur est à peu près égale au diamètre de la tête et la largeur moyenne trois fois moindre ; ces basides ne sont pas cylindriques, mais plus larges à l'extrémité libre ; chacune est divisée en son milieu par une mince cloison. Elles sont couronnées d'une touffe de quatre ou cinq petits articles (stérigmates) tous de même dimension et portant des chapelets de spores. Le diamètre des spores n'a pas varié.

Par conséquent la plante présente ici un appareil reproducteur caractérisé essentiellement par :

- 1° Un pied différencié avec cloisons ;
- 2° Une tête couverte de grosses basides cloisonnées ;
- 3° Une ramification terminale de ces dernières en stérigmates prolongés par des chapelets de spores.

Les parties de même nom ont toutes des dimensions constantes, qui seront indiquées plus loin.

4° CULTURE SUR POMME DE TERRE SOLIDE

(Pl. 12).

Aussi abondantes que les précédentes, se manifestant avec les mêmes caractères à l'examen macroscopique, les cultures sur pomme de terre solide montrent cependant de sensibles différences à l'observation microscopique. Le thalle est encore à étudier à l'état de mycélium et à l'état de stroma.

Lorsqu'on fait une préparation en écrasant un peu de pulpe de la pomme de terre prise au voisinage de la surface, les cellules, qui sont restées dans la stérilisation parfaitement entières, se séparent simplement les unes des autres demeurant toujours intactes, et l'on peut voir leurs intervalles parcourus dans tous les sens par du mycélium en réseau fort peu serré : les cellules elles-mêmes sont recouvertes d'un lacs intimement appliqué à leur surface et formé de filaments qui serpentent en courbes sinueuses (Pl. 12, fig. 2). La position de ceux-ci est à préciser ; ils sont tantôt en dehors de la membrane, tantôt en dedans, mais toujours contre : enfin, souvent on peut les suivre sur un assez long trajet dans l'épaisseur même de la membrane, qui est fortement gonflée. Jamais on ne les voit traversant une cellule. La forme et la structure de ce mycélium est la même, un peu plus différenciée dans le même sens cependant, que celle du mycélium observé dans la carotte. Ici, mieux encore, les contours arrondis, les expansions latérales, les cloisons rares, rendent la ressemblance frappante avec le thalle des parasites ; la comparaison est même plus nette, à cause de l'intégrité des cellules du substratum. Nous n'avons pas observé de poils mycéliens ; il n'y avait d'ailleurs point de vaisseaux dans la région examinée.

Le stroma est plus développé et plus dense que précédemment; à ce dernier point du vue, le mycélium aérien, c'est-à-dire le tissu lâche de la surface, offre une particularité : très fréquemment les filaments sont accolés, par dix environ, sur une assez grande longueur, formant ainsi d'épais cordons ; ils présentent d'ailleurs alors une membrane plus mince, des cloisons moins fréquentes et un calibre plus régulier.

La fructification est formée d'un pied différencié sans cloisons (Pl. 12, fig. 1), d'une tête avec basides et stérigmates, de chapelets de spores. Le pied et la tête ont les mêmes dimensions, à peu de chose près, que dans la culture sur carotte, mais les basides sont trois fois plus courtes et moins larges, elles ne sont pas cloisonnées. Les spores ont le diamètre invariable.

Ce qui est spécial à ces cultures sur pomme de terre, c'est pour le thalle : fasciation du mycélium, stroma plus compact ; pour l'appareil reproducteur : basides et stérigmates de petite dimension, absence de cloisons.

5° CULTURE SUR JUS DE CAROTTE

Sur le jus de carotte, se développent rapidement des paquets de mycélium portant bientôt du stroma couvert de fructifications.

Le mycélium entièrement plongé dans le liquide ressemble à celui que nous avons décrit plus haut pour les parties profondes des cultures sur amidon par exemple.

Le mycélium superficiel est moins ramifié, à filaments plus droits, constitués par d'assez longs articles.

Bien qu'on puisse s'attendre à une identité presque complète entre les deux fructifications sur jus de carotte et carotte solide, on constate des différences dans la qualité et dans les dimensions des diverses parties : ainsi, les pieds manquent de cloisons, les basides aussi ; ces dernières sont plus petites. Il n'y a que les spores de toujours immuables.

6° CULTURE SUR GÉLATINE NUTRITIVE.

Nous considérons maintenant un nouveau genre de milieu, aussi complexe, mais très riche en albuminoïdes. C'est un mélange de jus de bœuf, de peptone, et de gélatine.

La moisissure liquéfie la gélatine, formant à sa surface une croûte mince avec têtes sporifères blanches ; un mycelium (Pl. 15, fig. 22) lâche, peu ramifié, à contours sinueux, cloisons rares, un stroma sans consistance, tels sont les caractères du thalle. Dans les régions superficielles, on trouve particulièrement abondants et développés ici les articles cylindro-coniques.

Les têtes sporifères et leurs pédicelles, aussi compliquées que dans le *Stérigmatocystis* origine, ont simplement des dimensions moindres, à part les spores. Les basides sont plus courtes que dans le cas précédent, les stérigmates ont la moitié de leur longueur.

Nous venons de voir des variations continues d'un milieu à l'autre, mais sans écart bien considérable. La forme primitive s'efface presque entièrement au contraire dans les cultures sur sels minéraux.

7° CULTURES SUR SOLUTIONS SALINES.

a) *Azotates*.

Azotate de potasse (Pl. 15, fig. 20). — Au bout d'un mois environ après le semis, le liquide est rempli de nombreux flocons à surface très déchiquetée. Pas de fructification apparente.

Il y a pourtant lieu de rapporter une partie seulement de la plante ainsi constituée à un thalle et le reste à une fructification.

Le premier forme la plus grande partie de l'ensemble. C'est un stroma, peu consistant, dont les hyphes sont cloisonnées en articles courts et étroits, légèrement renflés aux deux bouts, ne présentant même souvent qu'un contact de faible étendue.

De place en place, dans la préparation, nous trouvons de larges et longs filaments rectilignes, irrégulièrement cloisonnés, détachant parfois un mince rameau au voisinage d'une cloison : leur membrane n'est pas plus épaisse que celle des filaments du thalle. L'une des extrémité se perd dans le thalle, l'autre est renflée en une tête mamelonnée, mais assez pauvrement ; un certain nombre de mamelons se sont allongés en un grêle filament présentant çà et là des renflements assez accusés ; la tendance au développement en largeur, qui ne s'est pas épuisée dans la formation d'une tête sporogène achevée, se manifeste dans ces filaments. On reconnaît là une ébauche des fructifications ordinaires. Donc, un thalle très cloisonné, avec rudiments de fructifications où nous retrouvons la ramification terminale.

2° *Azotate d'ammoniaque* (Pl. 15, fig. 19). — Moins abondant est le rendement dans ce milieu ; on obtient simplement un certain nombre de petits amas superficiels recouverts par endroits d'une sortes de pulvérulence ténue.

Chaque amas est élastique, résistant au déchirement et à l'écrasement ; la ramification des hyphes est très compliquée, les articles sont de forme irrégulière, d'un volume plus grand que ceux de la culture précédente, à membrane souvent épaissie.

L'appareil fructifère est très différent de ce que nous avons rencontré jusqu'à présent ; et d'abord on trouve à l'extrémité de rameaux quelconques des ensembles de trois ou quatre filaments fragmentés dans toute leur région inférieure en articles courts : cela ressemble un peu à ce que nous avons décrit à propos du glucose, mais il ne se sépare point d'articles terminaux sous forme de spores, la croissance du filament se poursuit même avec le processus habituel ; voilà qui rappelle encore pourtant le pied sporifère des autres cultures, mais il n'y a point de spores. Ce sont néanmoins des spores qui produisent l'aspect de pulvérulence signalé plus haut. Effectivement, certain rameaux, en général voisins les uns des autres, mais sans disposition caractérisée, sont transformés à leur bout en un chapelet de deux ou trois spores, d'autres spores en formation s'indiquent au-dessous, et le diamètre de ces spores est le même que précédemment. Donc, des caractères de l'appareil reproducteur il persiste ici simplement : une ramification terminale assez effacée et les chapelets de spores, enfin le volume de ces dernières.

b) *Phosphates* (Pl. 15, fig. 21).

1° *Phosphate de potasse*. — La culture est très peu développée en comparaison de celle obtenue avec l'azotate de potasse, mais elle présente la même structure à tous les points de vue.

2° *Phosphate d'ammoniaque*. — Ici au contraire le rendement est relativement considérable ; c'est encore la seule différence avec la culture dans l'azotate d'ammoniaque.

Nous avons terminé ainsi l'étude des formes obtenues en semant des spores de *Sterigmatocystis alba* sur diverses substances nutritives dans les conditions ordinaires.

Nous résumons et complétons cette étude par le tableau suivant :

Cultures de STERIGMATOCYSTIS ALBA. — *Tableau des Résultats*

MILIEUX	THALLE		APPAREIL REPRODUCTEUR				
	Mycelium	Stroma	Pied	Tête	Basides	Sterigmates	Spores
1 ^a $\left\{ \begin{array}{l} \text{Glucose.} \\ \text{Lévulose.} \\ \text{Saccharose.} \end{array} \right.$	indistincts articles rectang. courts, larg. 3 μ id. indistincts articles renflés courts		indéterminé id. filam. long o cloisons	o id. indéterminée	o id. indéterminées	indéterminés id.	en chapelet 3 μ , 1 id. id.
2 ^a Amidon.	indistincts articles renflés		long. 233 μ larg. 8 μ cloisons	diam. 9 μ	id.	id.	id.
3 ^a Carotte.	art. très longs, sinueux, larg. 4 μ , 2, membr. mince	art. courts, rectang., membrane épaisse	long. 1125 μ larg. 8 μ , 3 cloisons	34 μ	37 μ , 5 cloisons	12 μ , 5 (4-5)	id.
4 ^a Pomme de terre.	id.	id.	long. 1250 μ larg. 12 μ , 5	34 μ	12 μ , 5	8 μ (2-3)	id.
5 ^a Jus de Carotte.	<i>Superf.</i> articles articles rectang. sinueux longs pl. longs larg. 3, 2, 1	id.	long. 1250 μ larg. 10 μ	36 μ	45 μ	10 μ (3-4)	id.
6 ^a Gélatine.	art. sinueux, longs, larg. 3 μ , 3	id. peu serré	long. 600 μ larg. 6 μ	48 μ	12 μ	6 μ (2-3)	id.
7 ^a $\left\{ \begin{array}{l} \text{Azotate de} \\ \text{potasse.} \\ \text{Azotate d'am-} \\ \text{moniaque.} \end{array} \right.$	indistincts art. en halteres, courts, étroits (1 μ)		indéterminé cloisons	indéterminée	indéterminées	indéterminés	indéterminées
	indistincts art. irréguliers, plus gros		indéterminé	o	o	o	en chapelet 3 μ , 1

Conclusions tirées de cette étude.

A chaque milieu correspond donc une forme différente, et les différences sont du même ordre que celles dont on fait d'habitude les espèces. Le *Sterigmatocystis* étudié présente par conséquent une grande variabilité ; d'autre part, avons-nous dit, les formes nouvelles sont fixes.

Des résultats du même genre avaient déjà été obtenus pour d'autres Champignons et pour des Bactéries.

M. Laurent, dans ses recherches sur *Cladosporium herbarum* (1), s'était trouvé en présence de sept formes diverses, dont un *Penicillium*. M. Hansen (2) a montré la variabilité des levures dans leur forme et leur taille suivant les milieux, mais il n'a pas toujours produit des variétés stables. Wasserzug (3), en cultivant le *Micrococcus prodigiosus* dans un milieu acide, l'a transformé en un Bacille, et cette variation se maintenait, à condition de ne point revenir aux bouillons alcalins. Metchnikoff (4) constate que le *Spirobacillus Cienkowskii* de la Daphnie est susceptible, au cours de l'évolution de la maladie qu'il produit, de prendre cinq formes différentes, Bacilles ou Spirilles.

Bien plus, on a rencontré chez d'autres champignons que le *Sterigmatocystis* des formes analogues à celles qu'il nous a montrées ; le thalle dissocié de la culture sur saccharose nous rappelle les formes levure que M. Brefeld a trouvées chez les Ustilagineés et les Basidiomycètes, M. Duclaux chez l'*Oidium lactis*, MM. J. J. Juhler et Jørgensen, M. Sorel plus tard, chez l'*Aspergillus Oryzæ*.

Nous verrons d'ailleurs dans le second chapitre d'autres variations du *Sterigmatocystis alba*.

Cela étant posé, des faits précédents, nous pouvons tirer des conclusions de deux sortes, les unes relatives aux variations considérées en soi, indépendamment du milieu qui les a produites, les autres relatives à ces mêmes variations en tant que déterminées par tel ou tel milieu.

(1) Annales de l'Institut Pasteur, 1888.

(2) Annals of Botany, 1895.

(3) Annales de l'Institut Pasteur, 1888.

(4) Annales de l'Institut Pasteur, 1889.

1^o THALLE.

Relativement aux variations considérées en elles-mêmes, deux caractères seulement se sont maintenus constamment dans la forme et la structure de l'appareil végétatif.

1^o Le thalle est constitué par des filaments ;

2^o Les filaments sont cloisonnés en articles.

Les *dimensions* de ces articles ont *varié dans chaque cas*, elles ne sont demeurées les mêmes que dans un milieu donné. Comme la plante à l'état libre, c'est-à-dire non cultivée en tubes, ne pousse pas indéfiniment sur le même substratum, il en résulte que dans l'étude d'une pareille moisissure, les caractères tirés des dimensions n'ont de valeur que pour le milieu où elle est rencontrée. Les deux premiers, *filaments*, *articles*, sont *les plus importants* dans tous les cas.

Envisageons maintenant les rapports qui peuvent exister entre les qualités physiques ou chimiques du substratum et la nature de l'appareil végétatif.

Il a été employé soit des milieux liquides, soit des milieux solides, avec tous les intermédiaires entre ces deux états. Les filaments du Champignon qui se développe pénètrent toujours plus ou moins suivant les circonstances à l'intérieur du milieu ; une autre partie de la plante, qui est souvent la plus considérable, demeure au contraire extérieure et se nourrit par l'intermédiaire de la précédente. Ces deux portions du thalle, superficielle ou profonde, sont très différentes l'une de l'autre ; à la surface des liquides ou des solides, les articles ont la forme de cylindres ou ont tout au moins une symétrie axiale ; ce caractère de régularité est surtout manifeste dans un stroma jeune, il s'efface plus ou moins dans un stroma plus développé, en raison même de l'enchevêtrement des hyphes : celles-ci, gênées dans leur croissance, se développent selon l'espace libre qui s'offre à elles. Par contre, dans les profondeurs d'un liquide, les hyphes ont un contour irrégulier, sont renflées en des points quelconques, parfois sur toute leur surface, ce qui forme des articles presque sphériques ; dans l'empois d'amidon, il en est de même ; en outre, le plus souvent, en ces deux cas, le cloisonnement est poussé très loin,

on peut enfin avoir une fragmentation ; dans la pulpe sucrée ou amylacée, nous avons trouvé un thalle qui lui aussi montre un contour très irrégulier, très sinueux, mais le cloisonnement y est rare. Pour interpréter ces faits, il suffit de remarquer que le thalle étant plongé dans le milieu nutritif, il y a, autour de lui, identité relative des diverses conditions : en particulier, ce thalle se nourrit par toute sa surface. Ceci détermine une tendance au *développement égal dans tous les sens* ; cette tendance, qui est contrebalancée par la nature filamenteuse de la plante, se traduit par la production d'hyphes à nombreux renflements, caractère dont nous venons de dire la généralité. L'existence d'un plus grand nombre de cloisons sur une longueur déterminée serait due, jusqu'à un certain point, au fait même de la croissance en largeur s'opposant à la croissance en longueur, d'où peut résulter un raccourcissement des articles ; mais elle a une autre cause évidente, le faible pouvoir nutritif des milieux où on l'observe.

Pourquoi au contraire, dans la pulpe de carotte et de pomme de terre, le thalle, en même temps qu'un contour irrégulier, prend-il une structure presque continue ? C'est que, si le développement égal en tous sens est favorisé, moins pourtant que dans un liquide, le développement en tubes mycéliens est davantage suscité par la forme de l'espace libre offert à la plante, et d'un autre côté, les conditions de vie ne sont pas en rapport avec la formation d'un système de soutien : elles rappellent certaines conditions de parasitisme ; or nous avons signalé, dans un précédent travail, le cas d'un *Trichoderma* devenant parasite de *Mucor crustaceus* et prenant la structure continue (1).

2° APPAREIL REPRODUCTEUR.

Quelles que soient les variations introduites dans le milieu, nous retrouvons les caractères suivants :

- 1° Filament dressé ;
- 2° Ramification terminale de ce filament ;
- 3° Chapelet de spores ;
- 4° Spores de 3 μ , 1, arrondies.

Ceux que nous rencontrons le plus souvent ensuite sont : basides

(1) *Mucor et Trichoderma*, Comptes rendus de l'Acad. des Sciences, 1896.

et stérigmates, un gros renflement au sommet du filament dressé.

Il y a quelque chose de commun à tous ces caractères, le *développement d'une partie aérienne de la plante dans toutes les directions*. Cela est très net si nous laissons de côté les cas où manque le gros renflement terminal, la tête. L'extrémité d'un filament dressé prend ou tend à prendre une forme sphérique : égalité de croissance en tous les points. Cette croissance continuant, il se fait des replis de la surface : ce sont d'abord les basides. La raison de ces replis est probablement une raison mécanique, une raison d'équilibre du système, la surface ne pouvant croître indéfiniment en restant sphérique. Les replis ne peuvent croître que par leur côté libre, chacun d'eux ayant néanmoins les mêmes tendances que le renflement primitif : dans les conditions où ils se trouvent, serrés les uns contre les autres, ces tendances s'effacent, et l'on voit reparaître le développement prépondérant dans une direction déterminée. C'est ainsi que les replis secondaires ou stérigmates qui se forment à l'extrémité libre des basides, comme ces dernières au sommet du pied, ressemblent beaucoup à des filaments ordinaires sans être pourtant bien serrés les uns contre les autres. Sur eux naissent les spores : c'est un cloisonnement suivi de fragmentation en petits articles arrondis et là s'arrête le développement du pied : il y a dans ce phénomène — on le voyait tout à l'heure pour le mycélium — une manifestation du même mode de croissance.

Considérons maintenant les cas laissés de côté : du processus que nous décrivions à l'instant, il disparaît tous les stades correspondant à une croissance abondante ; la masse de champignon produite est d'ailleurs beaucoup moins considérable.

Donc partout se présente, si l'on peut s'exprimer ainsi, le *développement sphérique*. C'est le caractère dominant, les autres lui sont subordonnés. Ce caractère qualitatif est accompagné d'un caractère quantitatif important, la *dimension constante des spores* (3 μ , 1).

Le plus souvent ensuite le développement sphérique se traduit par l'existence d'une *tête ronde à replis de deux ordres*.

Enfin, *toutes les dimensions* autre que celles des spores *varient* sans cesse.

Nous classons ainsi par ordre d'importance les caractères de la

moisissure étudiée, nous essayons en même temps de les expliquer dans une certaine mesure. Tout au moins cette classification est-elle faite dans les limites de nos expériences, mais nous avons considéré des conditions suffisamment variées pour attribuer à nos résultats quelque généralité. La suite de notre étude viendra les confirmer.

CHAPITRE II.

CULTURES DU *STERIGMATOCYSTIS ALBA* DANS QUELQUES
CONDITIONS SPÉCIALES.

I.

CULTURES DANS UN LIQUIDE EN MOUVEMENT.

Personne n'ignore le faciès particulier des plantes et animaux vivant sur les côtes, battus par les vagues, sans cesse enveloppés de tourbillons liquides.

Ayant à notre disposition des êtres à développement facile et rapide, nous les avons placés dans un milieu analogue ; nous pensions obtenir ainsi d'intéressantes variations, intéressantes soit en elles-mêmes, soit à l'égard des facteurs physiques mis en jeu.

L'influence du mouvement sur les plantes inférieures a déjà fait l'objet d'un certain nombre de recherches.

En 1878, M. Howarth constatait que des Bactéries placées dans un liquide violemment agité ne se développaient pas. M. J. Reinke reprit cette question (1), mais le mouvement était cette fois produit par le passage d'une onde sonore due aux vibrations longitudinales d'une verge ; il obtint dans ces conditions un développement de la plante, bien plus lent que dans le bouillon au repos.

M. Schmidt, en 1892 (2) étudia des cultures de Bactéries faites en prenant d'une eau contenant ces Bactéries qui avait été agitée soit à la main, soit par un appareil à secousses : dans le premier cas, il avait tué le *Staphylococcus pyogenes citreus*, dans le second cas, il avait exercé une action moins forte sur deux microbes, dont la Bactéridie charbonneuse.

La même année, M. H. L. Russell (3) fit des expériences sur la

(1) Sep. abdr. aus Pflüger's archiv f. d. gesammte Physiologie 1881.

(2) Arch. f. hygiene.

(3) Bot. Gazette 1892.

croissance en liquides agités des *Monilia candida*, *Oidium albicans*, *Saccharomyces*, *Mycoderma*. Ces Champignons se développent, mais en donnant beaucoup de cellules et peu d'hyphes.

Il n'était donc pas évident que les spores de nos Champignons germeraient. Ces plantes ont au contraire très bien poussé et leur étude nous a donné quelques résultats importants.

Les spores de *Sterigmatocystis* sont semées sur jus de carotte, en tubes ordinaires, ou, pour avoir une masse liquide plus grande, en matras d'un demi-litre environ. Un récipient demeurant fixe, un autre est soumis à une agitation continuelle ; à part cela, les deux sont maintenus dans des conditions identiques.

Le tube ou le ballon destinés à être secoués sont suspendus de façon à pouvoir osciller autour d'un axe horizontal. Dans les premières expériences, nous produisions le mouvement en reliant par une attache quelconque un tube de culture ainsi disposé à l'interrupteur d'un fort électro-aimant (Pl. 17, E). Avec un ballon, ce n'était guère pratique ; nous avons eu recours alors au système suivant qui ensuite fut également employé pour les tubes. Le récipient est installé au voisinage d'une roue verticale mise en mouvement par un moteur à eau (Pl. 17) ; la roue porte deux tiges métalliques perpendiculaires à son plan, fixées excentriquement sur un même diamètre, de part et d'autre de l'axe. La monture du récipient est munie de deux tiges parallèles perpendiculaires à l'axe de suspension ; au repos, elles s'appliquent constamment sur les premières. Nous représentons d'ailleurs (fig. 1) un schéma de notre appareil qui en montre clairement le mécanisme. On voit que la roue, à chaque tour, imprime deux secousses au ballon : le liquide présente le même tourbillonnement que l'eau de mer dans les anfractuosités du rocher, avec plus ou moins d'intensité suivant la vitesse du moteur.

Nous avons procédé ainsi à vingt expériences ; un certain nombre n'ont duré que huit jours, d'autres deux mois : il fallait examiner la plante aux divers stades du développement.

Les conditions ne sont pas les mêmes avec le moteur qu'avec la bobine ; nous envisagerons successivement les deux cas.

Considérons un tube à essais ordinaire, lié à l'interrupteur de l'électro-aimant et renfermant quelques centimètres cubes de jus nutritif où l'on a semé des spores du *Sterigmatocystis*. Tout à côté, se

trouve, à la même température, à la même lumière, un tube fixe contenant autant de jus,ensemencé aussi. Le nombre des spores est à peu près le même dans les deux, grâce à la précaution prise de faire le semis au moyen d'un fil de platine que termine une boucle avec laquelle seule on touche la surface sporifère origine. La rapidité du mouvement, quand l'interrupteur se trouve ainsi surchargé, est beaucoup moins grande que s'il battait librement ; on peut compter les oscillations. La secousse n'est donc pas très violente.

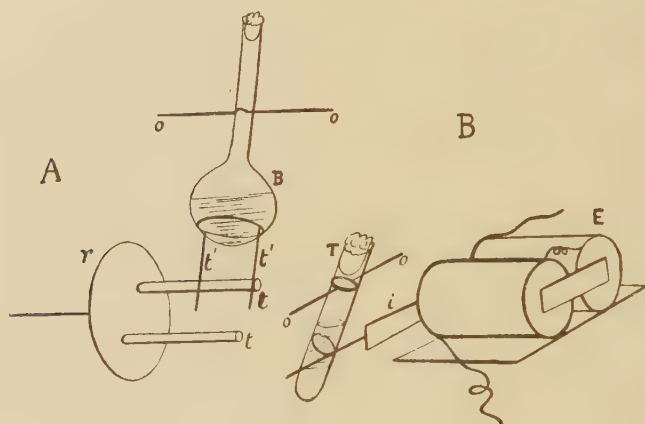


Fig. 1. — A. *Appareil pour agitation violente*. *r*: roue tournant sous l'action du moteur; *t*, *t*: tiges horizontales fixées sur cette roue; *t'*, *t'*: tiges fixées au ballon de culture B et s'appuyant sur les précédentes; *o o*: axe de suspension du ballon. — B. *Appareil pour agitation faible*. *E*: électro-aimant; *i*: son interrupteur muni d'une tige horizontale; *T*: tube de culture mobile autour de l'axe *o o* et relié à cette tige.

Au bout de trois à quatre jours, on voit dans le tube mobile (Pl. 43, fig. 7) un certain nombre de *petites masses parfaitement sphériques*, d'un blanc jaunâtre, qui montent, descendent, courent en tous sens dans le liquide, tournant d'ailleurs sans cesse sur elles-mêmes; leur vitesse est assez faible. La grosseur en est variable: les plus petites ont deux millimètres de diamètre, les plus grandes un demi-centimètre. Le tube fixe renferme quelques îlots superficiels, blanchâtres, avec de légères fructifications. Ces

dernières sont absentes dans le tube mobile ; en outre la quantité de champignon développée y^e est plus considérable, au moins double ; et encore toutes les spores semées n'ont pas contribué à la formation des sphères, car une assez grande partie de ces spores a été projetée sur la paroi, où elles ont produit un mycélium fructifié.

Donc, à l'examen extérieur, la culture agitée présente les caractères suivants, comparativement à l'autre :

Culture mobile. — Sphères de mycélium : quantité 2q ;

Culture fixe. — Ilots informes de mycélium fructifié : quantité q.

Si l'on coupe une des sphères de la culture mobile en deux moitiés et qu'on regarde la section, on y remarque : 1° une fine striation radiale partant du centre ; 2° deux zones concentriques, la plus intérieure brune, l'autre claire.

Les stries sont dues à la disposition des filaments mycéliens ; au centre de la sphère se trouve un amas d'une trentaine de petits corps arrondis, restes de spores ayant germé : de chacun part suivant le rayon un ou plusieurs filaments, abondamment ramifiés, surtout au voisinage de l'origine ; les rameaux les premiers formés sont aussi orientés dans le sens radial ; quant aux derniers, ils vont un peu dans toutes les directions, de quoi résulte une zone centrale assez enchevêtrée, la zone foncée. Les filaments sont cloisonnés en articles ; leur constitution ne présente pas de différence appréciable avec la culture fixe (Pl. 13, fig. 9).

Les sphères mycéliennes résultent par conséquent du développement d'un *groupe de spores* qui ont germé en filaments *dirigés en tous sens*, se ramifiant plus tard dans toutes les directions.

La culture que nous venons d'arrêter pour l'étudier, étant laissée au repos, produit du jour au lendemain de nombreux pieds sporifères sur le pourtour de ses masses sphériques. Il n'en est rien pour une culture identique maintenue dans son mouvement. Donc il y a retard dans la reproduction, retard que la plante tend pour ainsi dire à rattraper sitôt le mouvement supprimé.

Prenons maintenant un tube où la culture est âgée de huit jours. La seule différence est une grosseur plus considérable des sphères, un enchevêtrement plus grand des filaments.

Enfin, dans une culture plus âgée encore, paraissent des fructifications. Nous les décrirons tout à l'heure.

Quand on emploie le moteur hydraulique, les secousses du liquide sont relativement violentes. Cette fois, sans introduire plus de spores, on obtient de très nombreuses sphères, car les spores se divisent en groupes plus petits ; mais les sphères sont bien moins grosses que dans les tubes faiblement secoués au bout du même temps (Pl. 13, fig. 8).

Cinq jours après le semis, à part les différences indiquées à l'instant, ces sphères sont tout à fait de même nature que les précédentes. Quinze ou vingt jours plus tard, leur aspect se modifie.

Au lieu de présenter une surface mate et veloutée, elles sont lisses, assez brillantes, ressemblent à de petites boules d'ivoire ; elles ont une grande élasticité : fortement écrasées avec une pince, elles reprennent de suite leur forme. Après un mois, les plus grosses mesurent seulement deux millimètres et demi tandis qu'elles atteignaient un centimètre auparavant.

La sphère d'un mois offre des particularités importantes. Les filaments ont produit, en s'entremêlant, un tissu très compact, un véritable *stroma*, bien plus serré que le *stroma* d'une culture fixe. Sur les bords pourtant, les extrémités des hyphes affectent une disposition radiale fort nette. En outre, le cloisonnement s'est très développé : un fragment de mycélium montre jusqu'à six cloisons rapprochées, alors que dans le même volume de la plante en culture fixe ou faiblement agitée, on ne trouvait qu'une cloison ou point du tout. Le nombre des noyaux par article a diminué, c'est une tendance à la structure cellulaire. Enfin, l'épaisseur de la membrane s'est accrue notablement.

Tout cela se manifeste dans un tube ou dans un ballon, mieux accentué en ce dernier cas, la masse de liquide étant considérable.

Quant au récipient fixe, la surface du liquide y est uniformément blanche ; le champignon a produit d'abondantes spores, son thalle est une peau épaisse, flottante, limitée par le verre ; au dessous, un mycélium lâche formant des flocons dans le sein du milieu.

Mais, avons-nous dit, sur la plante en culture agitée, apparaissent aussi des fructifications ; seulement elles sont invisibles à l'œil nu, dissimulées dans le tissu de la sphère. Examinons-les dans une culture fortement secouée. On voit au microscope des filaments gros et courts par rapport aux pieds sporifères du jus

fixe, assez tortueux, se terminant en tête renflée munie de basides et stérigmates ; ceux-ci portent quelques spores. Les dimensions sont : diamètre de la tête $29\ \mu$; longueur des basides $14\ \mu$; longueur des stérigmates $7\ \mu$, *diamètre des spores* $3\ \mu$, 1 (Pl. 13, fig. 10). La structure offre des particularités remarquables. La membrane du pied est en moyenne deux ou trois fois plus épaisse qu'à l'ordinaire ; cette épaisseur n'est pas uniforme : en certaines régions, des proéminences celluloses renforcent la paroi, souvent même la cavité se trouve presque complètement obstruée. Cela se manifeste à un plus haut degré encore dans la tête. D'autre part, la cavité du pied est coupée de fréquentes cloisons : on peut compter jusqu'à 23 cloisons sur une longueur d'un quart de millimètre ; ces cloisons sont à membrane assez épaisse et point planes, courbées soit en avant, soit en arrière, ce qui correspond à un développement exagéré de cet appareil de soutien. Les basides sont renforcées aussi chacune par une cloison transversale. Enfin les spores ont une paroi plus forte que d'habitude. Donc, l'appareil reproducteur présente, comme le thalle, un grand développement de la cellulose. En somme, *fructification tardive*, gênée pour ainsi dire dans son apparition, se montrant d'ailleurs mal, entre les hyphes du thalle, mais *solidement édifiée*, enfin *peu féconde*. Nous ajouterons cependant que si les premières têtes sont toujours cachées à l'intérieur du tissu, plus tard il en émerge à la surface ; mais nous ne les y avons jamais vu paraître qu'en un point de la sphère, où elles formaient ensemble une petite saillie brune. Ce qui vient d'être dit se rencontre, très atténué, sur une culture moins fortement agitée.

Nous allons maintenant reconnaître quelque chose de plus. Beaucoup de sphères ont à leur surface un point noir, gros comme une tête d'épingle. C'est un petit corps très dur, solidement encastré dans le stroma. Si on l'écrase, on trouve que l'intérieur, brun clair, est un vrai parenchyme sans méats, formé de cellules polygonales, à paroi très épaisse, à cavité peu régulière ; ces cellules sont isodiamétriques, d'une dimension moyenne de $10\ \mu$. (Pl. 13, fig. 11). A la périphérie, la membrane est simplement plus épaisse et cutinisée. Une pareille formation est comparable à ce qu'on appelle un sclérote ; seulement, les caractères du sclérote, tissu pseudo parenchymateux serré, membranes épaisses, sont exagérés ici, et de plus le phénomène est précoce. Mais c'est la suite du processus qui se

manifeste jusqu'à présent par l'acquisition d'un stéréome développé ; c'est la naissance d'une *forme résistante de conservation*. Un certain nombre de sphères portent plusieurs sclérotés ; d'autres plus brunes, en ont même dans leur intérieur. La culture fixe de même âge n'a pas de sclérotés ; mais il en apparaît beaucoup plus tard, quand elle vieillit sur le substratum épuisé. Le nombre des sclérotés augmente dans le récipient mobile assez rapidement, et lorsque la culture est âgée de deux mois, toutes les sphères ont des points noirs.

A partir de l'instant où les sclérotés ont apparu, l'activité de croissance s'est ralentie ; si l'on compare une semaine après, le ballon fixe et le ballon mobile, la masse de champignon n'est guère plus considérable dans celui-ci que dans le premier. Plus tard, la culture mobile ne semble pas se développer davantage, tandis que l'autre s'accroît toujours, avec plissement du stroma. Enfin, quand trois mois se sont écoulés, leur état demeure stationnaire.

Nous sommes donc arrivés aux résultats suivants :

1° Un Champignon est susceptible de se développer dans un liquide en mouvement ;

2° Le *thalle* prend la forme sphérique.

Les filaments sont d'abord dirigés suivant les rayons de la sphère, ils se ramifient ensuite en tous sens. Le système de soutien est très développé (stroma serré, nombreuses cloisons).

Il y a tendance à la structure cellulaire.

3° L'appareil reproducteur apparaît tardivement.

Il est mal formé, peu abondant.

Il présente un système de soutien très développé (membranes épaisses, cloisons).

Les spores, peu nombreuses, ont les dimensions du type origine.

4° Une *forme de conservation résistante* apparaît de bonne heure.

5° La plante croît d'abord très vite, produisant une quantité de matière plus grande qu'une culture fixe. La croissance se ralentit bien plus tôt et devient très faible, la culture fixe prenant le dessus.

Conclusions relatives à ces résultats.

Les conditions de vie que nous venons d'imposer au *Sterigmato-*

cystis sont évidemment très nouvelles pour lui et de nature à faire varier profondément les caractères de forme et de structure qui en sont susceptibles.

On constate que cette variation s'est manifestée avec les mêmes degrés que précédemment, et cela vient confirmer nos conclusions à ce point de vue.

Maintenant, pour ce qui est non plus de la variation en soi, mais du rapport entre le milieu et elle, il y a des conclusions nouvelles à tirer.

1° *L'agitation du milieu accroît la résistance de la plante.*

On sait, à vrai dire, que les plantes côtières, les animaux côtiers ont des organes de protection et de soutien solides. Mais ici nous montrons expérimentalement l'action du milieu. Il y a, de bonne heure, un stroma très complexe : ce n'est pas, comme on pourrait le croire, un pelotonnement serré des hyphes causé par le simple tourbillon, phénomène qu'on réaliserait en secouant longtemps ensemble dans un liquide des débris organiques filamenteux ; c'est le résultat d'une ramification abondante, produisant un tissu compacte résistant aux chocs du liquide. Plus l'agitation est faible, ou moins la masse liquide est grande, moins le stroma est développé ; c'est ainsi que dans un tube à essais, nous avons obtenu des sphères très molles tandis que dans un ballon c'étaient des sphères très fermes. La membrane est épaissie, les cloisons sont nombreuses : c'est l'acquisition d'un tégument plus efficace, d'un squelette moins fragile, provoquée par les frottements et les chocs.

Le retard dans la production de têtes sporifères, qui dans la culture fixe se dressent déjà en nombre, est évidemment une conséquence de l'incompatibilité entre le mouvement et l'existence d'un édifice aussi fragile. Il s'en fait d'abord sur la limite même de la sphère : ce ne sont pas les premières ainsi apparues qui fructifient ; elles avortent. Ceci ayant comme un retentissement sur le reste de l'organisme, il ne continue plus à s'en produire aussi près du bord ; elles naissent plus profondément, acquérant basides et spores, peu nombreuses d'ailleurs. L'appareil reproducteur du *Stérigmatocystis* est un appareil aérien, qui se développe mal dans l'intérieur des tissus. Les sclérotés sont une tendance vers un autre mode de reproduction ; en effet, beaucoup de moisissures

analogues à celle que nous avons étudiée sont douées de ce qu'on appelle forme parfaite, périthèce avec asques : un stade du développement de ce périthèce est souvent un sclérote, tout au moins par la structure, sinon par les propriétés physiologiques.

2° L'agitation du milieu, en tant que cause de chocs et frottements, joue donc un rôle important, mais nous avons en secouant nos récipients introduit d'autres conditions que ces chocs et frottements.

a) Le milieu nutritif se renouvelle sans cesse autour de la plante : c'est une cause de meilleure croissance. Il est vrai que par contre les « excreta » sont, pour les mêmes raisons, constamment ramenés au contact de cette plante. Voilà une cause de moins active croissance. Nous ne savons si les deux actions inverses se compensent.

b) Ceci nous amène à considérer le facteur le plus important qui soit en jeu dans cette expérience, après toutefois celui que nous avons examiné en premier lieu ; c'est *l'égalisation* du milieu tout autour de la plante qui se développe.

Envisageons une spore germant dans le liquide en mouvement, supposons-la isolée : l'aliment est le même tout autour, l'éclairement aussi, enfin l'influence que peut avoir la direction constante de la pesanteur est supprimée. Si la spore pouvait se développer par tous ses points, elle donnerait tout autour d'elles des filaments semblables : sa croissance est limitée à un ou deux points, il se produit un ou deux filaments, mais ceux-ci pouvant croître par toute leur surface se ramifient dans les directions quelconques : cela donne un ensemble sphérique formé de filaments rayonnants. Nous avons en réalité un petit amas de spores : on peut le considérer comme une spore plus grosse pouvant germer en un plus grand nombre de points : le résultat sera le même. La partie centrale de la sphère se complique par des ramifications de deuxième, troisième, n° ordre des filaments en tous sens : la disposition radiale s'efface, mais est toujours visible sur les bords.

La forme sphérique est donc le résultat de l'égalité des conditions extérieures. La structure même s'oppose à ce que l'on voie là simplement l'effet d'une action mécanique. La chose est particulièrement frappante dans le cas d'une culture en tube faiblement agité.

La part de la pesanteur dans les considérations qui précèdent

est difficile à mettre en évidence. Il est plus aisé de montrer en quoi le changement continuél d'orientation par rapport à cette force intervient pour un autre effet.

c) Nous avons insisté sur la *rapidité de croissance* de la culture pendant les premiers jours.

Il faut l'attribuer partiellement à l'influence ou plutôt la non influence de la pesanteur en tant que force de direction constante.

En effet des expériences répétées nous ont prouvé que la pesanteur, par ce fait, *retarde la croissance* de la moisissure. Ce fait ne nous semble pas avoir été jamais démontré.

Suppression de la direction constante de la pesanteur. — Deux cultures identiques sont disposées l'une sur roue verticale tournant lentement d'un mouvement uniforme, l'autre à côté, mais immobile : il n'y a d'autre différence entre elles que la rotation. Nous avons constaté une croissance plus rapide de la première, soit à la germination, soit au développement ultérieur. Voici de quelle manière a été réalisée l'identité des deux cultures. Nous nous sommes servis de chambres humides pour observer des germinations, de tubes ordinaires pour avoir des cultures avancées.

Deux chambres humides destinées à être comparées reçoivent sur leurs lamelles deux gouttes égales d'un liquide contenant des spores en suspension qui s'y trouvent répandues d'une façon homogène ; il y a ainsi un même nombre de spores dans chaque. Le liquide est de la gélatine nutritive maintenue à 25 degrés, qui se solidifie une fois déposée dans la chambre. Cela exige une gélatine assez aqueuse, afin qu'elle soit liquide à température peu élevée et qu'ensuite elle constitue un substratum suffisamment humide ; car il ne faut pas songer à mettre d'eau dans le fond de la chambre, on introduirait des perturbations dans l'expérience. Enfin, on comprend que, pour les mêmes raisons, il faille un milieu solide. Il est facile de vérifier par un examen microscopique l'égalité du nombre des spores déposées ; de plus, si l'on a pris le soin de ne pas mettre trop de spores dans le liquide origine et de bien agiter celui-ci pour les séparer, les deux gouttes renferment des spores isolées les unes des autres. Les cultures sont donc identiques. Naturellement, pour chaque expérience, nous avons préparé une dizaine de cellules destinées à la roue, et autant destinées à

être laissées au repos. Il importe, dans cette préparation, d'ensemencer alternativement une chambre mobile et une chambre fixe ; on a ainsi égalité plus certaine entre les deux lots. L'emploi des tubes ordinaires de culture est moins compliqué. On peut se contenter de deux tubes, parfaitement égaux ; dans chacun d'eux, alternativement l'un et l'autre, on dépose des gouttes toujours égales du liquide chargé de spores. Enfin puisque, comme M. Elving l'a montré (1), la lumière exerce une influence sur la vitesse de croissance des Champignons, et que d'autre part il est difficile d'éclairer également les cultures fixes et les cultures mobiles, on place le tout dans l'obscurité : pour les tubes en particulier, rien n'est plus aisé, on les enveloppe d'un fort papier. La roue a été simplement reliée par une transmission à l'axe du moteur hydraulique (Pl. 17).

Les résultats auxquels nous sommes arrivés dans une expérience prise comme exemple sont, cinq jours après le semis :

NOMBRE DE SPORES GERMÉES.

<i>Culture mobile</i>	75	{	37 ayant produit un tube germinatif long.				
			38 » » » » » court.				
<i>Culture fixe</i>	14	{	9 ayant produit un tube germinatif long.				
			5 » » » » » court.				

De plus, la longueur des hyphes est moindre dans le second cas que dans le premier.

Il s'agit là de cultures en cellules. Dans les tubes, nous avons laissé le Champignon pousser quinze jours : alors chaque goutte était le siège d'une colonie mycélienne : les colonies dans le premier cas avaient un diamètre plus grand que dans le second.

L'influence de la pesanteur est donc partiellement mise en évidence.

II.

CULTURE DANS UN LIQUIDE AGITÉ EN PRÉSENCE D'UN OBSTACLE.

Nous reportant toujours aux conditions dans lesquelles vivent les plantes et animaux des côtes, nous avons cherché à réaliser un milieu où, en plus de l'agitation du liquide, il y eût quelque chose

(1) *Studien ub. d. Einwirkung d. liches auf d. Pilze*; Helsingfors, 1890.

qui correspondît par exemple au rocher sur lequel souvent est fixé l'organisme marin. Dans l'expérience précédente, la paroi du verre ne remplit nullement ce rôle. Il arrive pourtant parfois que des spores rejetées hors du liquide demeurent attachées à cette paroi, y germent, produisent un mycélium, mais bientôt le tout est balayé et rentre dans le tourbillon. Nous avons ici disposé dans le jus de carotte que contient le récipient, tube ou ballon, un morceau de bois fixe : il suffit que ses extrémités touchent le fond et le bouchon. L'agitation est produite de la même façon ; une culture fixe identique est installée au voisinage. Au bout de huit jours, la surface du bois, dans la portion immergée et dans celle qui se trouve simplement battue sans être constamment recouverte, porte un feutrage grisâtre très-abondant ; quand il n'est point baigné par le liquide, la nature filamenteuse n'en apparaît point, on dirait une gelée compacte. La partie du bois qui reste toujours à sec a reçu par projection un grand nombre de spores, elle est déjà couverte de jeunes fructifications blanches. Dans le ballon fixe, la surface du liquide est voilée d'un stroma fructifié, qui remonte légèrement sur le bois. Quinze jours plus tard, l'aspect de la culture mobile revêt un caractère plus accusé : il y a comme des panaches de filaments fixés au bois (Pl. 43, fig. 43) et tout le temps secoués, se rabattant sur le support quand celui-ci est à sec. La ressemblance de forme est frappante avec des algues, des *Ectocarpus* par exemple.

Les filaments sont agrégés en cordons ramifiés desquels se détachent latéralement d'abondantes hyphes isolées. Ces cordons sont solides, se rompent difficilement, et sont fortement attachés au bois. Au point de vue de la structure du filament, nous constatons simplement qu'il est long, étroit, parfaitement cylindrique, de même calibre sur toute son étendue, peu cloisonné, peu ramifié. Les fructifications n'ont pas apparu sur cette forme du thalle.

Ce résultat est intéressant d'abord par la *fixation de la plante*. Les spores se sont pour la plupart accrochées à la surface rugueuse du bois et les filaments issus d'elles se sont pour ainsi dire cramponnés au support. Certes, beaucoup de spores sont restées dans le liquide, beaucoup, même après germination sur le bois, ont dû en être arrachées ; aussi a-t-on une certaine masse de champignon libre, mais sans forme caractérisée, précisément à cause des perturbations introduites par la présence du bois. Il n'en est pas

moins vrai que l'agitation en présence d'un obstacle susceptible de servir de support a déterminé une fixation solide.

En second lieu, la *forme nouvelle* qu'a prise le Champignon est également d'un véritable intérêt. Une autre que celle-là pouvait à priori être déterminée par l'action du milieu, la forme d'une croûte étroitement appliquée contre le support. Peut-être l'aurait-on obtenue par des secousses plus violentes. Quoi qu'il en soit, nous avons une adaptation nette au nouveau genre de vie, corps résistant, souple. Nous ne croyons pas que jamais un champignon ait présenté les caractères que nous venons de décrire. Ce sont tout à fait des caractères d'algues.

D'ailleurs nous reviendrons un instant à ce propos sur la forme sphérique obtenue précédemment pour signaler sa ressemblance avec certaines algues, ces algues marines plus ou moins sphériques résultant du développement d'un individu dans toutes les directions, qu'on a nommées « *Ægagropiles* ».

Enfin, *l'absence complète de fructification* est une chose importante à signaler. L'appareil sporifère habituel n'a pu se former et s'il nous avait été permis de poursuivre plus loin ces expériences, peut-être aurions nous vu apparaître un nouveau appareil reproducteur.

III.

CULTURES EN TUBES HERMÉTIQUEMENT FERMÉS.

Après avoir modifié le substratum de la plante, il était naturel de chercher à modifier l'atmosphère où elle vit. Nous nous sommes bornés à imposer à la plante cette condition, de se contenter d'un *volume limité d'air*.

Nous avons fait de nombreuses cultures dans des tubes ordinaires, qu'aussitôt après le semis nous fermions hermétiquement : pour cela, il suffisait d'enfoncer le bouchon d'ouate et de verser de la paraffine dans la partie supérieure du tube.

Comme il était évident *a priori* que le Champignon pousserait *d'abord* moins bien que dans un tube ouvert, nous nous sommes adressés seulement aux meilleurs milieux nutritifs : carotte, pomme de terre, gélatine.

Si l'on compare à une culture en tube non fermé, on constate, après un développement plus lent :

1° Un aspect pulvérulent de la culture, dû à la ténuité des fructifications ;

2° Une réduction de toutes les dimensions ;

3° L'apparition précoce de sclérotés, très petits et très noirs ;

4° Une quantité moins considérable de champignon produite.

En somme, une *réduction générale* : le Champignon du tube fermé est à celui du tube ouvert ce que la plante naine des montagnes est à celle des régions basses.

IV

CULTURES DANS DES RÉCIPIENTS DE GRANDEURS VARIÉES.

Enfin le vase lui-même où l'on fait la culture est susceptible d'être modifié. On peut le prendre grand ou petit, par exemple, et ce n'est pas sans influence. Les conditions d'observation ont besoin d'être précisées particulièrement.

Nous comparons deux tubes, un tube à essais ordinaire et un tube de diamètre trois fois plus grand. Tous deux contiennent du jus de carotte, le second plus que le premier ; on a semé dans chacun la même quantité de spores. Quelques jours après l'ensemencement, chaque tube renferme un *petit* îlot mycélien couvert de fructifications, le jus est loin d'être épuisé de part et d'autre ; les deux îlots sont égaux, autant qu'on peut en juger à l'œil, les fructifications sont en même quantité, l'aspect est identique.

Cependant nous allons observer des différences dans la structure du mycélium ; les *articles*, dans le gros tube, sont *plus longs et plus larges*, et d'une façon très sensible ; 1 étant la dimension en longueur d'un filament du petit tube, $1 + \frac{1}{3}$ sera la dimension dans l'autre (Pl. 15, fig. 22, — Cultures sur gélatine).

Avant de nous demander à quoi attribuer ce résultat, disons de suite que cette expérience montre combien grande est la variabilité des éléments du thalle, pour qu'une influence certainement aussi faible ait pu avoir une telle action.

Quelles sont maintenant les causes qui ont agi ? Les différences

entraînées par l'inégalité de volume des tubes sont les suivantes :

1° Le gros tube renferme une quantité plus grande de jus de carotte, d'où il résulte :

a) Un poids d'aliment plus considérable ;

b) Une répartition dans un espace plus grand des substances excrétées et nuisibles au développement.

2° Il y a dans le gros tube, un volume d'air plus grand, d'où résulte une répartition de l'acide carbonique dégagé dans un espace plus étendu.

Or, cette dernière condition n'entre pas en jeu ; en effet, les différences observées dans la structure se maintiennent identiques lorsque les volumes d'air sont égaux, qu'il s'agisse de tubes bouchés ou de tubes ouverts ; elles s'effacent au contraire quand, les volumes d'air étant inégaux, les poids de jus sont les mêmes.

C'est donc la première condition qui détermine le phénomène

CHAPITRE III.

ADAPTATION. — DÉSADAPTATION. — ÉVOLUTION D'UNE CULTURE D'UN ORDRE DÉTERMINÉ.

I.

Étudions maintenant comment un caractère nouveau s'établit. Considérons par exemple le cas de notre première culture. Nous avons recueilli des spores d'un *Sterigmatocystis alba* sur du fromage moisi, nous les avons semées dans une solution de glucose : il a été obtenu de la sorte la culture d'ordre 1 relative à ce milieu. Au bout de quinze jours seulement des fructifications ont commencé à paraître tandis que les têtes sporifères se montrent au troisième jour quand on répand des spores sur le fromage. Examinons la plante à ce moment où elle devient complète. Le thalle, peu étendu, est constitué par un mycélium dont les articles ont des dimensions intermédiaires entre celles de la culture origine et celles qui ont été données dans le chapitre premier relativement à la culture sur glucose.

L'appareil reproducteur rappelle assez nettement la forme primitive ; le pied seul est différent ; c'est un filament du calibre ordinaire des hyphes mycéliennes moins cloisonné pourtant que celle-ci, et dressé : il porte (Pl. 14, fig. 15) un gros renflement terminal, avec basides, stérigmates et chapelets de spores, mais il y a une certaine indétermination dans la forme et les dimensions des basides et stérigmates. En outre, les diverses têtes ne se ressemblent pas ; il y en a de moins modifiées par rapport à la forme primitive, et de plus rapprochées de la forme finale. Donc, dans cette culture d'ordre 1 ou première culture, pas de pied différencié, indétermination de la tête, des basides et stérigmates.

Recueillons les spores pour les semer dans un tube nouveau de la même solution de glucose. C'est la culture d'ordre 2, ou

deuxième culture. Faisons une troisième culture : dans celle-ci, dès le dixième jour, nous aurons une plante plus développée que dans la première culture après quinze jours. Le thalle est plus abondant, les fructifications aussi : de plus, il y a des différences dans leur constitution avec la première culture : les articles tendent nettement vers une forme cylindrique courte ; l'appareil reproducteur est constitué par un filament dressé encore, moins différencié en pied que dans le cas précédent, et à peine renflé au sommet ; mais il porte quatre ou cinq grosses proéminences arrondies (Pl. 14, fig. 16), munies de stérigmates avec spores, et ces spores ont toujours le même diamètre. La tête commence donc à s'effacer, après le pied ; les basides et stérigmates, ces replis de premier et deuxième ordre du renflement terminal, ont pourtant subsisté, et la propriété du sommet du pied s'est pour ainsi dire reportée sur les replis de premier ordre. On ne rencontre plus ici les fructifications observées dans la première culture.

Continuons à faire des reports sur tubes frais. Quand nous arrivons à la sixième culture, nous obtenons dès le huitième jour un développement encore plus abondant que dans la troisième culture au dixième jour, et cette fois l'appareil reproducteur a la forme décrite plus haut comme caractérisant une culture sur glucose. Les basides et stérigmates se sont effacés, il ne reste plus que les chapelets de spores insérés au sommet d'un filament dressé. A partir de maintenant, toutes les cultures d'ordre plus élevé montrent les mêmes caractères. Pourtant la neuvième se développe un peu plus vite que la huitième, la dixième un peu plus vite que la neuvième, mais les différences de temps décroissent graduellement : il arrive un moment où toutes les cultures d'ordre successif sont identiques.

Voilà, dans le cas de notre Champignon, un résultat semblable à celui que Wasserszug a obtenu avec *Micrococcus prodigiosus* : cette Bactérie était devenue un Bacille au bout de quinze cultures. C'est également une variation héréditaire que M. Laurent a réalisée dans le Bacille de Kiel rendu incolore par l'exposition à la lumière.

L'ensemble des phénomènes que nous venons de décrire constitue l'adaptation du *Sterigmatocystis* à la vie dans un jus sucré et la désadaptation par rapport au milieu primitif. Il a fallu six cul-

tures pour que le Champignon prenne sa forme définitive. Dans la première, la spore semée tend à produire une plante ayant les caractères de celle qui l'a engendrée, mais ces caractères ne sont pas en rapport avec l'aliment fourni et les nouvelles conditions physiques. Reportons-nous à l'époque où une spore, venue d'une origine quelconque, est tombée sur le fromage moisi, se trouvant alors dans les conditions qui ont fait le *Sterigmatocystis alba*. Supposons que cette spore soit, au lieu de cela, tombée dans une solution de glucose ; elle n'aurait pas donné le *Sterigmatocystis alba*, elle n'aurait pas donné non plus la forme que nous avons décrite relativement au glucose.

En somme, étant considéré la spore, *S*, apportant en elle certaines tendances, on peut écrire :

$$S \rightarrow \begin{cases} \text{Fromage : } \textit{Sterigmatocystis alba}. \rightarrow \text{Glucose : forme } F. \\ \text{Glucose : Forme } \Phi. \end{cases}$$

F est une forme participant de Φ et du *Sterigmatocystis alba*. La forme que prend un être introduit à l'état de spores dans un milieu déterminé est le résultat des tendances héréditaires apportées par le germe et des conditions où peuvent s'accomplir les phénomènes vitaux dans le milieu nouveau.

Les deux actions se combinent, l'une tendant à produire une forme, l'autre une forme différente ; on arrive à un état d'équilibre. Cet état d'équilibre présente la particularité suivante : sa stabilité varie avec le temps. Ainsi, recueillons des spores de la huitième culture sur glucose, et semons-les sur fromage. Le Champignon se développe, mais moins vite que si notre semis provenait d'une plante ayant poussé sur le fromage : au lieu de fructifier en trois jours, il fructifie au bout de cinq jours seulement et encore ne donne-t-il pas la forme primitive. Mais les spores issues de cette première culture donneront en quatre jours une plante fertile, bien mieux développée d'ailleurs, et plus semblable au *Sterigmatocystis alba*. Au bout de trois cultures, nous aurons de nouveau ce dernier. Faisons la même opération en partant de la dixième culture de la forme *F*, il faudra au moins quatre reports pour retrouver le stérigmatocyste blanc. Le retour à la forme première est d'autant plus difficile que nous nous adressons à une culture d'ordre plus élevé de la forme *F*. Nous voyons d'autre part qu'il faut

moins de temps pour revenir au *Sterigmatocystis alba* en partant de *F* qu'il n'en a fallu pour l'inverse.

En résumé, dans l'exemple que nous avons pris, se manifestent les phénomènes suivants :

1° Pendant huit cultures successives, le Champignon *varie progressivement* de la forme *Sterigmatocystis alba* à la forme *F* ; à chaque culture, le développement demande un certain temps, différent du temps correspondant à la culture origine, et la durée du développement va sans cesse en décroissant ;

2° A partir de la huitième culture, la forme *F* est d'autant plus stable que l'ordre est plus élevé ;

3° Les caractères ont varié dans l'ordre suivant :

- a) Forme du pied ;
- b) Tête renflée ;
- c) Dimensions des basides et stérigmates ;
- d) Présence de tête, basides et stérigmates.

Les dimensions des spores sont restées constantes pendant toute la période de transition.

Ces résultats n'étaient pas évidents a priori, comme on pourrait le croire. En se bornant aux hypothèses, sans faire d'expériences, on pouvait aussi bien supposer qu'à la première culture sur glucose, il se produirait tout simplement un développement moindre, avec même appareil reproducteur (sinon avec un thalle semblable, à cause du contact intime de ce dernier avec le substratum) ; et de même aux cultures suivantes, jusqu'à l'apparition d'une forme reproductrice nouvelle, définitive, susceptible de suppléer la première. On pouvait supposer encore que l'adaptation consistait en un ralentissement considérable du développement lors du premier semis pour aboutir, sans qu'il soit nécessaire de pratiquer un deuxième semis, à la forme reproductrice nouvelle seule possible dans le milieu nouveau. Il est remarquable de voir au contraire *une série de formes reproductrices* nettement définies et fertiles. De plus il est intéressant d'assister pour ainsi dire à l'action du milieu ; et la marche de cette action, en train de se produire, nous éclaire aussi bien sur la valeur des caractères de structure que l'a fait le résultat définitif.

Pour certains milieux, il suffit de une ou deux cultures succes-

sives, qui ont d'ailleurs un développement plus rapide que dans le cas précédent, pour arriver à la forme correspondante ; il en est ainsi dans le cas des cultures sur carotte, pomme de terre, gélatine ; les mêmes lois s'observent au cours de l'adaptation ; la vitesse est simplement plus grande.

Pour d'autres, les sels minéraux par exemple, la vitesse d'adaptation est plus faible, notamment dans l'emploi du phosphate d'ammoniaque. La première culture, au bout de cinquante-deux jours, n'avait donné qu'un très léger stroma, formant couronne autour du tube, avec une fructification très ténue. La dixième culture, quarante-trois jours après le semis, produisait déjà un stroma consistant recouvrant une bonne partie de la surface liquide, fructifié aussi. A la douzième, dès le trente-neuvième jour, le développement était plus abondant encore. Ajoutons que progressivement on tendait vers la forme définitive, presque établie dans la douzième culture.

Enfin, dans le cas des sucres, de l'amidon, la vitesse d'adaptation est intermédiaire entre ces deux extrêmes.

Cette vitesse est fonction de deux variables : le nombre des cultures nécessaires pour arriver à l'état d'équilibre, la durée du développement de chaque culture. Chacune de ces variables dépend de deux facteurs ; la nature de la spore semée (son passé), la nature physique et chimique du milieu. On ne voit pas un rapport immédiat entre les deux variables ; si l'on ralentit le développement par un moyen quelconque, on ne trouve pas qu'il faille moins de cultures ; les milieux à développement lent ne demandent pas un nombre de cultures plus petit, un développement rapide n'entraîne pas un grand nombre de cultures.

Pour tous les milieux, on remarque que le retour au milieu primitif ne demande pas le même temps que le chemin inverse ; tantôt le retour est plus rapide, tantôt il est plus lent ; nous n'avons pu établir de loi générale.

En résumé :

1^o L'adaptation du *Sterigmatocystis alba* se fait par une série de formes successives fertiles.

2^o La variation suit la marche que nous représentons par ce tableau :

<i>Thalle</i>	<i>Appareil reproducteur</i>
Dimensions.	a) Dimensions des divers organes. b) Différenciation du pied ; en se modifiant, elle fait varier les dimensions de la tête, des stérigmates et basides, le nombre de ceux-ci. c) Tête renflée ; sa disparition est suivie des mêmes effets. d) Deux ordres de replis, stérigmates et basides.

Plaçons en regard le résultat fourni par l'examen des cultures fixées ; désignons par α les caractères variant souvent, par β ceux qui ne varient pas souvent, et par γ ceux qui ne varient jamais.

<i>Thalle</i>	<i>Appareil reproducteur</i>
α) Dimensions.	α) Dimensions. β) Différenciation du pied. Tête renflée, avec stérigmates et basides.
γ) Filaments. Articles.	γ) Filament dressé. Ramification terminale. Chapelet de spores. Volume des spores.

Ces deux tableaux peuvent nous conduire à formuler cette conclusion :

Pour le thalle, la forme filamenteuse, la structure articulaire sont les deux premiers caractères acquis, dominant tous les autres.

Pour l'appareil reproducteur, il y a d'abord eu des filaments dressés, se ramifiant au sommet en chapelets de spores ; puis se sont développées des têtes sphériques avec deux ordres de replis. Enfin le filament dressé s'est différencié, ce qui a déterminé le nombre et les dimensions des organes apparus.

Nous retraçons ainsi l'histoire de la plante par l'examen de ses variations.

II.

Jusqu'à présent, nous avons étudié des cultures arrivées à leur entier développement, c'est-à-dire produisant des spores, en d'autres termes des plantes adultes.

Nous aurons complètement terminé l'examen de la moisissure dans ses divers états quand nous aurons considéré l'évolution d'une culture, la série des phénomènes compris entre la germination et l'épuisement complet du substratum.

Deux points y sont intéressants :

1° Le développement d'une tête sporifère ;

2° L'apparition de sclérotés dans une culture vieille.

1° DÉVELOPPEMENT D'UNE TÊTE SPORIFÈRE.

Prenons par exemple le cas de la culture sur carotte. Il s'élève du thalle un gros filament cloisonné, d'abord de même calibre sur toute son étendue ; ce filament se renfle à son sommet et la tête ainsi formée bourgeonne sur toute sa surface : les basides naissent ; bientôt sur elles se dressent des stérigmates.

On voit que ce développement ne reproduit pas exactement l'évolution dans le temps ; il y a *renversement dans l'ordre de certains stades* (tête, pied).

Pourtant le développement d'une culture sur pomme de terre nous offre le phénomène suivant, très remarquable. A la surface du thalle se forment d'abord des fructifications comme celles que représentent les fig. 3 et 4 de la pl. 12 ; c'est la *reproduction exacte de la phylogénie*, avec arrêt à un stade éloigné encore de l'état actuel : ces fructifications, en effet, ne sont point stériles. Plus tard, d'ailleurs, apparaissent les têtes sporifères normales, par le même processus que pour la carotte.

Voilà les seuls faits sur lesquels nous devons appeler l'attention dans l'ontogénie de la plante.

2° APPARITION DE SCLÉROTÉS.

Les sclérotés se forment sur les points de la culture où le milieu commence à s'épuiser, ou tout au moins en des régions de la plante

dont les fructifications ont produit toutes leurs spores. Dans des cas exceptionnels, comme celui des liquides agités, nous les avons cependant obtenus quand la plante était encore jeune ; il a été dit comment on peut l'expliquer. Quand on les trouve sur un thalle âgé, ils ont une constitution assez différente (Pl. 13, fig. 12). Ce sont des corpuscules plus ou moins ronds, pouvant atteindre un millimètre de diamètre, bruns foncés, résistant à l'écrasement. La périphérie est formée d'un stroma noirâtre simplement un peu plus compact que le stroma du thalle, et à parois cutinisées ; tout le reste de la masse est un pseudoparenchyme d'articles gros et courts à parois épaisses demeurées cellulósiques. L'origine filamenteuse de ce parenchyme est par endroits très visible.

Les sclérotés se développent soit dans l'épaisseur du milieu nutritif, soit à la surface. Plus la culture vieillit, plus ils sont nombreux. Quand le milieu est complètement épuisé, la plante se réduit aux sclérotés et l'ensemble des spores. Nous en avons rencontré sur tous les milieux, sauf les sels minéraux ; dans ce dernier cas, ce n'est peut-être qu'un retard, dû à la lenteur de l'évolution. Sur les matières amylacées, le riz, l'amidon, la pomme de terre, ils se montrent plus tôt que partout ailleurs et en plus grand nombre. Nous avons conservé toutes nos cultures, les sclérotés n'ont pas encore évolué ; il se pourrait que ce soit là un stade d'une forme reproductrice parfaite.

Tel est l'ensemble de nos observations sur le *Sterigmatocystis alba*.

Les résultats obtenus ont leur utilité pour la classification. Si nous en tenons compte pour d'autres Champignons ou si nous procédons sur celles-ci au même travail, il sera aisé de faire un groupement naturel.

D'autre part, la variabilité des caractères nous suggère une remarque importante. Les spores étant toujours emportées d'un milieu sur un autre, une forme trouvée est une forme passagère ; nous ne sommes jamais sûrs de la retrouver plus tard. Maintenue sur son milieu, elle peut demeurer indéfiniment constante.

CHAPITRE IV.

CULTURES D'AUTRES ESPÈCES.

Nous avons étudié par les mêmes méthodes deux autres formes appartenant également au genre *Sterigmatocystis* : ce sont par conséquent des plantes à thalle filamenteux articulaire, se reproduisant par têtes sporifères munies de basides et stérigmates avec chapelets de spores.

La première a été trouvée dans un tube de carotte contaminé accidentellement. Son thalle est constitué par un mycélium blanc rosé et un stroma de cassure ocracée. Les fructifications ont une double teinte, rose et verte. Le pied, non cloisonné, est terminé par un renflement peu accusé couvert de basides globuleuses ; les stérigmates sont courts, les spores rondes et leur surface est hérissée de petites pointes. Un pigment rouge vif remplit les basides et la tête ; on le trouve en gouttelettes dans le pied ; les spores sont vertes, d'une dimension de 2 μ , 6. Il nous a été impossible de rapprocher ce champignon d'une espèce connue ; nous l'appellerons *Sterigmatocystis bicolor*.

Dans tous les milieux, ces caractères de forme et de structure ont varié, sauf pourtant la dimension des spores. En particulier, dans une solution sucrée, nous avons obtenu des formes très simples réduites à de courts filaments ramifiés au sommet. Entre cette forme extrême et la forme origine, nous avons rencontré toutes les transitions, comme pour le *Sterigmatocystis alba*.

Nous avons ici à examiner un caractère absent dans l'exemple choisi pour type, la présence d'un pigment. Ce pigment appartient à la catégorie des *lipochromes* ou « Fettfarbstoffe », ces substances colorantes rouges ou jaunes qu'on trouve dans les cellules vivantes dissoutes dans les corps gras. Dans un certain nombre de cas, ce pigment est dissous dans le liquide de culture : c'est ainsi que le jus de raisin prend une belle coloration rose. A propos de

la distribution de ce pigment, nous croyons devoir placer ici une remarque, nous renseignant davantage sur sa nature ; sa présence dans le thalle est corrélatrice de ce fait que les hyphes du Champignon sont réunies en cordons, qu'il y a fasciation. Des hyphes isolées semblent incolores ; elles sont roses, *chacune isolément*, quand elles font partie d'un faisceau. En outre, il arrive dans toutes les cultures que le thalle, dans son développement, vient, pour ainsi dire, butter contre la paroi du tube : au contact de cette paroi se manifeste une pigmentation rouge intense. On sait enfin que le stroma est toujours plus ou moins coloré, alors qu'en général le mycélium est incolore. Ces phénomènes sont probablement en rapport avec la nature d'« excreta » des pigments : l'excrétion se fait par toute la surface de la plante ; or, si un filament est isolé, le produit de l'excrétion s'élimine facilement, puisqu'il y a une grande surface libre ; au contraire, dès que, par un contact plus ou moins étendu, cette surface libre est réduite, souvent même réduite à zéro, on comprend que le pigment demeure en place. Quoi qu'il en soit, la *couleur de ce pigment a varié*, mais entre des limites assez rapprochées. Ainsi :

*Culture sur glucose : Stroma blanc avec taches roses ;
fructification vert pâle.*

*Culture sur gélatine : Stroma jaune brun ;
fructification vert foncé.*

Ce sont les deux plus grandes variations qui aient été obtenues. Une circonstance qui a particulièrement occasionné des changements de couleur est la culture en tube paraffiné. Ainsi, dans une solution de lévulose en tube ordinaire, on a un certain nombre de petits ilots gris brun, très foncés au centre, et de spores vertes. Quand le semis est effectué dans un tube, qu'on bouche ensuite hermétiquement, ce sont au contraire des ilots roses dont le centre est très foncé, avec des spores de couleur intermédiaire entre le fauve et le rose.

En somme, pour tout ce qui est des caractères autres que ce dernier, nous obtenons des variations qui viennent à l'appui des conclusions relatives au *Sterigmatocystis alba*. Quant au caractère plus spécial de notre nouveau *Sterigmatocystis*, il n'est pas étonnant de le voir varier ; que la matière excrétée change avec

l'aliment, ceci s'observe chez tous les êtres vivants. Cette variation peut ne pas correspondre à un changement dans le protoplasma, qui, restant identique à lui-même, utilise simplement d'une façon différente des aliments différents.

Nous terminerons cet examen du second *Sterigmatocystis* en disant qu'il n'a pas donné de sclérote ni de forme parfaite.

Le troisième *Sterigmatocystis* étudié, voisin de *S. fusca*, présentait un stroma blanc et des têtes sporifères brun foncé ; nous l'avons trouvé sur des tranches de citron moisi. Nous n'en parlons que pour nommer le sujet d'une troisième série d'expériences dont les résultats concordent parfaitement avec les précédents et indiquer trois particularités intéressantes qui lui sont spéciales.

1^o La couleur brune de ses spores s'est maintenue la même dans toutes les cultures. Nous avons appelé l'attention sur la constance du diamètre des spores ; c'est ici une seconde propriété, relative au protoplasma et à la membrane, qui demeure constante. D'ailleurs, dans le champignon précédent, les variations de la couleur n'ont été dans la spore que des variations d'intensité.

2^o Une seconde remarque se rapporte à l'évolution d'une culture. Quand la culture vieillit, il se passe, pour beaucoup de filaments mycéliens, alors même qu'ils sont isolés, ce que l'on observe dans la formation d'un sclérote. Leur membrane prend une épaisseur trois à quatre fois plus grande, ce qui constitue de solides cordons. On a, pour ainsi dire, alors des *sclérotés formés d'une file d'articles*. Il ne s'agit pas là d'hyphes épuisées qui durcissent en vieillissant : les régions en question sont encore parfaitement en vie ; la troisième observation que nous présentons le montre.

3^o Sur le mycélium constitué par de semblables hyphes, se développent, en beaucoup d'endroits, des filaments étroits, à membrane mince, contenu clair, qui s'entortillent autour des premiers, comme une tige volubile autour de son support ; ils se ramifient et les rameaux se comportent de même. Ce mycélium secondaire forme parfois des buissons très touffus. Souvent cette prolifération se manifeste aux endroits où s'élève un pied sporifère maintenant vide ; c'est dans la cavité du pied que plus d'une fois s'allongent de minces filaments, ils y donnent même des fructifications rudimentaires réduites à une ou deux basides avec stérigmates commençant à bourgeonner.

Nous avons, avec le troisième *Sterigmatocystis*, réalisé des cultures en liquide agité ; elles nous ont fourni les mêmes résultats que le *Sterigmatocystis alba*.

Sans revenir ici sur les actions du milieu, résumons par un schéma ce que l'étude des variations, poursuivie avec ces trois *Sterigmatocystis*, peut nous donner relativement aux divers stades par lesquels cette forme a dû passer ; ce schéma est représenté fig. 2.

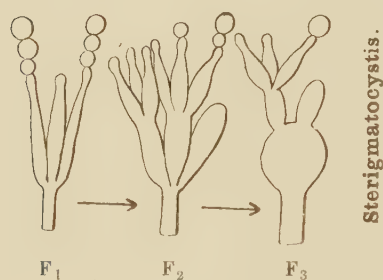


Fig. 2.

Autant la forme F_1 , avait de spores de diamètres différents, autant elle a produit de *Sterigmatocystis* différents à ce point de vue.

Une étude de *Sterigmatocystis* appelle une étude d'un genre qui a une grande ressemblance avec le premier, et qu'on pourrait prendre pour une forme du premier.

On comprend dans le genre *Aspergillus* un certain nombre de formes qui toutes ont un appareil reproducteur constitué par un gros filament dressé renflé en une tête qui est couverte de stérigmates avec chapelets de spores. Nous avons étudié deux de

ces formes : l'une à spores jaunes présentant un grand nombre de caractères communs avec *A. flavescens*, l'autre à spores vertes se rapprochant beaucoup d'*A. fumigatus*. Elles ont été cultivées dans des conditions aussi variées que les précédentes et nous sommes arrivés à ce résultat :

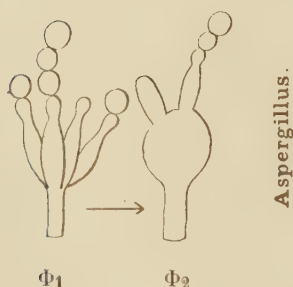


Fig. 3.

Le thalle demeure filamenteux articulaire, avec variation continue suivant le milieu de la forme et de la dimension des articles.

L'appareil reproducteur présente des formes qui oscillent entre Φ_1 et Φ_2 .

Φ_1 et Φ_2 sont deux stades de l'évolution de la plante, ce que nous pouvons exprimer par le schéma de la fig. 3.

Donc *Aspergillus* et *Sterigmatocystis* dérivent de formes F_1 et Φ_1 , très diverses d'ailleurs.

— L'un des deux *Aspergillus* (*A. flavescens*), nous a fourni une observation intéressante sur la vie en espace clos. Un tube de culture sur carotte, T, avait été, après complet développement, fermé à la paraffine. Au bout d'un an, il présentait à peu près le même aspect, tandis qu'une culture de même date, T', laissée dans les conditions ordinaires, était réduite à un amas de spores desséché. Nous fîmes un semis des spores T dans un tube frais, et, comparativement, un semis des spores T'. Dans le premier cas, il se développa un très abondant mycélium avec fructification vert foncé, dans le second cas un mycélium chétif avec fructifications vertes peu abondantes. Il n'était d'ailleurs pas nécessaire de prendre une culture ordinaire de même date que la culture fermée pour avoir une différence sensible. Déjà, en semant des spores d'une culture ordinaire, vieille seulement de quatre mois, nous avions un plus faible développement que dans le premier cas. Donc les spores se conservent beaucoup mieux et fort longtemps en espace fermé ; c'est ce que M. Roux (1) a montré pour la Bactéridie charbonneuse ; et c'est ce que l'on connaît bien dans le cas des graines des plantes Phanérogames.

Enfin, nous avons répété un grand nombre des expériences précédentes, en particulier toutes celles du chapitre premier, sur des Champignons non moins répandus et non moins intéressants par conséquent que les *Aspergillus* et *Sterigmatocystis*. On les range dans le genre *Penicillium*.

Nos recherches ont porté sur deux *Penicillium* ; nous insistons particulièrement sur l'un d'entre eux, qui s'est présenté dans des conditions peu ordinaires. Il a été recueilli par nous sur des échantillons de Canne à sucre malade venus de la Martinique. Dans les cavités des tiges creusées par les « borers » se trouvait en assez grande quantité, appliqué contre le bois, un feutrage d'un beau jaune ; c'était, en regardant de plus près, un amas de petits coussinets ronds, d'un millimètre au plus, serrés les uns contre les

(1) Annales de l'Institut Pasteur, 1887.

autres. Beaucoup laissent au doigt une poussière jaune. Cette poussière, au microscope, se montre formée d'asques ovales ou rondes renfermant chacune six spores.

Nous en fîmes des semis sur fragments de canne à sucre stérilisés et sur tous les autres milieux employés plus haut. Nous obtenions partout les têtes fructifères en pinceau caractéristiques d'un *Penicillium*, qui d'ailleurs ne tarda pas à produire dans la plupart des tubes d'abondantes fructifications d'une autre nature, semblables à celles que nous avons trouvées sur la Canne. Il y a donc deux sortes de fructifications : la première est ce qu'on appelle forme conidienne, la seconde est une forme parfaite, constituée par des périthèces.

Examinons par la même méthode que précédemment un certain nombre de ces cultures.

1° CULTURES DE *PENICILLIUM* EN LIQUIDES SUCRÉS

(GLUCOSE, LÉVULOSE, SACCHAROSE).

(Pl. 16, fig. 23 et 24).

Au bout de dix jours, la surface du liquide est voilée par un léger stroma orangé portant un peu partout des têtes fructifères, et, sur la plus grande partie de son étendue, des périthèces, sous l'aspect de nombreux points jaunes.

Les filaments du thalle sont étroits (moins de $2\ \mu$), de calibre uniforme, sans ramification sur de grandes longueurs, très sinueux, fort enchevêtrés, souvent anastomosés. Les cloisons sont rares ; assez fréquemment ils présentent une fasciation, mais sur de faibles longueurs. Le stroma se distingue uniquement par un enchevêtrement plus grand encore, avec pigmentation jaune orangé.

Les fructifications ont les caractères suivants : de longs filaments dressés, simplement deux fois plus larges que les hyphes végétatives, portent, à une certaine distance au-dessous du sommet, un verticille de quatre à cinq branches identiques à l'axe ; chacune de ces branches se ramifie au sommet en quatre ou cinq branches plus étroites et de même longueur : à leur extrémité atténuée, s'attache un chapelet de spores. Un verticille semblable, mais de

dimensions réduites, termine l'axe : les spores sont ovales : elles ont $2\ \mu$ de long sur $1\ \mu$ de large, leur couleur est verte.

Les périthèces ne sont pas autre chose que des régions plus compactes du stroma, des filaments formant une pelote assez serrée. Leur surface a la même structure que le stroma, mais, à l'intérieur, se trouvent des filaments de nature spéciale, sur lesquels sont insérées les asques : ils sont très contournés, très ramifiés, d'un calibre fort irrégulier, tantôt minces comme des fils, tantôt élargis en ampoules ; les asques ne pas sont autre chose que les plus grosses de ces ampoules ; leur membrane est mince, les six spores ont au contraire une membrane dont l'épaisseur est le septième du grand diamètre. Toutes parties du périthèce contiennent un pigment jaune soluble dans l'alcool.

La plante présente donc la diagnose suivante :

Thalle. — Filaments à longs articles, étroits, sinueux. Stroma peu différencié ;

Appareil reproducteur. — Filament large dressé, portant deux verticilles de 4-5 branches munies de 4-5 rameaux sporifères, cha-pelets de spores (Conidies) de $2\ \mu$ sur $1\ \mu$, périthèces formés de pelotes rondes de filaments, ramifiés intérieurement en branches asco-gènes ; asques ovales à 6 spores de $3\ \mu$ sur $2\ \mu$, 5.

Pigmentation jaune dans toutes les parties compactes.

2° CULTURE DU *PENICILLIUM* SUR CAROTTE

Les caractères se résument en :

Thalle. — Filaments à articles moins longs, étroits, peu sinueux. Stroma très épais, différencié, orangé vif.

Fructifications. — Tête conidienne à dimensions plus grandes et spores de mêmes dimensions. Périthèces identiques moins nombreux.

3° CULTURE DU *PENICILLIUM* SUR GÉLATINE NUTRITIVE (Pl. 16, fig. 25).

La culture est très différente des premières.

A la surface de la gélatine s'étend un mince stroma blanc avec

fructifications brunes. Ce stroma offre au microscope un aspect tout à fait caractéristique : des filaments un peu plus gros que dans la culture sur liquides sucrés, produisant des rameaux plus étroits, ceux-ci à leur tour se ramifiant en de plus étroits encore, et ainsi de suite ; les filaments de tous les ordres sont d'ailleurs, à part la dimension, semblables entre eux, très tortueux, peu cloisonnés. Les fructifications consistent en des verticilles de trois branches portant des chapelets de spores et supportées par des filaments semblables à ceux du thalle. Les spores n'ont pas varié.

Donc :

Thalle. — Filaments très ramifiés, de calibre décroissant.

Têtes conidiennes à un verticille de trois branches terminées par des spores. Point de périthèces.

4° CULTURES DE *PENICILLIUM* SUR SELS MINÉRAUX

a) *Azotate de potasse* (Pl. 16, fig. 27).

C'est surtout le thalle, ici, qui présente une constitution spéciale ; les filaments sont aussi étroits que dans la culture sur glucose, mais souvent fasciés en minces cordons, et en outre, qu'ils soient isolés ou forment la périphérie d'un de ces cordons, ils développent en grand nombre de petites proéminences de forme variable, en général larges à la base, atténuées à l'extrémité. Cela donne à l'appareil végétatif un aspect caractéristique : nous n'avons pu nous rendre compte de la cause de cette modification.

La plante n'a pas fructifié ; la culture se réduit à un stroma blanc dont la surface est finement chagrinée.

a) *Azotate d'ammoniaque*.

Dans la solution de ce sel, il ne s'est pas développé davantage de conidies ou de périthèces ; on obtient un énorme flocon de mycélium remplissant tout le tube, opalescent, et comme formé de couches minces superposées.

5° CULTURES DE *PENICILLIUM* EN TUBES FERMÉS.

D'une façon générale, ces cultures présentent une réduction dans toutes leurs dimensions, comme dans le cas des *Sterigmatacystis* et *Aspergillus*. Mais il y a ici des modifications spéciales qui ont leur intérêt au point de vue de la variabilité de la plante ; l'intérêt en est moins immédiat quant à l'action du milieu, dont il est peu aisé de se rendre compte.

Dans les cultures sur lévulose ou sur glucose, c'est le thalle (Pl. 16, fig. 26) qui est à considérer particulièrement : il est formé de faisceaux de filaments qui décrivent des spirales à très petit rayon et plus ou moins serrées, cela souvent sur une grande partie de leur longueur. Cette forme des filaments s'observe encore, mais à un degré moindre, dans la culture sur gélatine en tube fermé. Certes, il est difficile de voir même dans un examen minutieux, la moindre ressemblance (en dehors de la structure filamenteuse articulaire) entre ce thalle et celui des cultures précédentes.

Dans les tubes de riz, on constate également, en même temps qu'une légère fasciation, une grande sinuosité dans la course des filaments, mais ce sont les fructifications qui se distinguent surtout. Au lieu d'avoir deux verticilles, elles n'en ont qu'un, mais qui comprend un plus grand nombre de branches : il y a réduction dans le développement en longueur avec maintien de la tendance à produire malgré cela le même nombre de branches sporifères.

L'action du milieu limité se manifeste enfin dans toutes les cultures en tube fermé par des périthèces plus nombreux que dans les tubes ouverts, alors qu'au contraire les fructifications conidiennes sont moins abondantes.

Telles sont les variations principales observées dans nos cultures de *Penicillium*. En aucun cas, le champignon ne s'est suffisamment rapproché d'une forme connue de *Penicillium* pour que nous puissions le placer dans la classification. Maintenu indéfiniment sur la Canne à sucre par exemple, il constituerait une espèce nouvelle, que nous appellerons *Penicillium Sacchari*.

Nous résumerons ses variations dans le tableau suivant :

MILIEUX	THALLE		APPAREIL REPRODUCTEUR	
	Mycelium	Stroma	Tête conidienne	Périthèces
1 Liquides sucrés	articl. longs, étroits, sinueux.	peu différencié.	2 verticilles de 4-5 br. à 4-5 stérigm. Spores vertes 2μ sur 1μ .	pelotes ascophores. 6 spores
2 Carotte	articles plus courts,	épais, orange.	2 verticilles de 4-5 br. à dim. plus grandes, Spores vertes 2μ sur 1μ .	id.
3 Gélatine	articles longs.	mince, blanc.	1 verticille de 3 br. sporif. Spores brunes 2μ sur 1μ .	id.
4 Sels minéraux	id.	faisceaux à émergences.	o	o
5 Tubes fermés de glucose	id.	faisceaux sinueux.	comme 1, avec dim. réduites, Spores vertes 2μ sur 1μ .	comme 1.

Ce sont les caractères établis, fixés dans chaque condition de milieu. Dans l'ordre de variabilité, on peut les classer ainsi (en commençant par ceux qui varient le moins) :

1^o Structure du thalle ;

Ramification verticillée de l'appareil conidien.

Dimension des conidies.

Nombre et dimensions des ascospores.

2^o Nombre des verticilles ;

3^o Ordre du rameau sporifère (2^e ordre) ;

4^o Nombre des branches d'un verticille et des rameaux de premier ordre ;

5^o Dimensions des branches et rameaux.

L'adaptation a exigé un grand nombre de cultures successives, nous avons pratiqué pour chaque cas une quinzaine de cultures environ. En étudiant alors l'ordre dans lequel varient les carac-

tères, nous avons constaté, dans le cas d'une culture sur gélatine par exemple, où la variation a été la plus grande :

- 1^o Dimensions des branches et rameaux ;
- 2^o Nombres ;
- 3^o Ordre des rameaux sporifères ;
- 4^o Nombre des verticilles.

De la sorte, nous classons les caractères par ordre d'importance, et, en même temps, nous pouvons dire que l'évolution de la forme *Penicillium* a pu être ce qu'indique le schéma de la fig. 4.

Nous partons toujours de la même forme origine ; la forme représentée par F_1 , Φ_1 , P_1 est l'origine commune des trois formes *Sterigmatocystis*, *Aspergillus*, *Penicillium*.

Enfin, en étudiant l'évolution d'une culture sur un milieu déterminé, nous avons vu les mêmes stades se succéder dans le même ordre pour donner l'appareil reproducteur ; parfois pourtant se montrent de légères interversions.

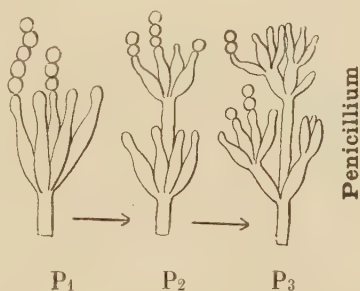


Fig. 4.

CONCLUSIONS GÉNÉRALES

Les Champignons que nous venons d'étudier ont manifesté une *grande variabilité* lorsque nous avons modifié leurs conditions d'existence : ainsi les spores d'un *Sterigmatocystis alba* ont produit sur chaque milieu où elles ont été semées (sucres, amidon, carotte, pomme de terre, jus de carotte, gélatine, sels minéraux, — liquide agité) une forme différente. Ces transformations *n'ont pas été immédiates* : le premier semis sur l'un quelconque de ces milieux a donné une plante intermédiaire entre le *Sterigmatocystis* origine et la forme définitive ; les spores de cette première culture, recueillies et portées dans un autre tube contenant le même substratum, se sont développées en une plante ressemblant davantage à cette forme définitive ; après un certain nombre de cultures pratiquées de la sorte, on a obtenu la forme définitive, *qui s'est maintenue* identique dans toutes les cultures suivantes. Les mêmes phénomènes d'adaptation et de persistance de la forme prise à la suite de cette adaptation se sont manifestés pour les autres espèces étudiées, appartenant aux genres *Sterigmatocystis*, *Aspergillus* et *Penicillium*.

Quant à la nature des formes diverses obtenues, voici ce qu'il a été constaté d'essentiel, en partant par exemple du *Sterigmatocystis alba*. Le genre *Sterigmatocystis* est, comme on sait, caractérisé par l'appareil sporifère suivant : un filament dressé dont l'extrémité renflée en une tête porte de courts rameaux (basides) divisés en ramuscules (stérigmates) munis chacun d'un chapelet de spores. Ces *caractères de genre se maintiennent* le plus souvent ; pourtant, dans les liquides sucrés, les fructifications ne présentent ni tête ni basides, ce sont des pinceaux de filaments sporifères (caractères du genre *Penicillium*) ; dans les solutions salines, elles se réduisent à un filament sporifère unique. Nous arrivons aux mêmes résultats pour le genre *Aspergillus*. Dans le cas du *Penicillium*, les caractères de genre se sont conservés dans tous les milieux. Mais chez toutes ces plantes, les caractères dont les mycologues se servent pour distinguer les espèces ont varié sans cesse avec le substratum et les conditions de l'atmosphère du tube de culture. Par conséquent, si une moisissure se développe à l'air libre, auquel cas ses

spores se disséminent sur les milieux les plus divers, où elles sont susceptibles de germer, elle peut ne se retrouver jamais avec les caractères qu'elle possède à un moment donné. Donc, une moisissure rencontrée dans la nature pourra souvent n'être pas identique à une espèce décrite dans un livre de détermination.

Enfin la fréquence des variations et surtout l'ordre où elles se sont produites nous ont permis de formuler une hypothèse relative à l'évolution de ces plantes : les premières moisissures apparues dans le temps auraient eu un appareil sporifère simplement constitué par un filament dressé portant des chapelets de spores.

Sans pouvoir toujours déterminer avec certitude la cause de telle ou telle structure d'une forme obtenue, nous avons cependant montré l'influence de certains facteurs.

Avec un milieu homogène, liquide agité ou quelquefois liquide au repos, s'est manifesté le développement égal en tous sens sous la forme de *sphères* ou de thalle à *articles arrondis*; les cultures de *Sterigmatocystis* faites en tubes ou ballons continuellement secoués, et composées de petites masses sphériques, en sont l'exemple le plus frappant. Dans ces mêmes expériences avec liquides nutritifs agités, où entrent en jeu des chocs et des frottements plus ou moins violents, les actions mécaniques ont déterminé la production d'un *appareil de résistance puissant* : les membranes de la plante sont très épaisses, le cloisonnement abondant, la ramification serrée. Lorsque nous avons introduit dans le liquide en mouvement un obstacle fixe, il y a eu *fixation de la plante*, il ne s'est pas formé de sphères.

Entre toutes les conditions physiques créées par l'agitation, il était particulièrement intéressant de considérer le changement continu d'orientation par rapport à la direction constante de la pesanteur; nous avons montré qu'il en résultait une plus grande vitesse de croissance. Ces dernières expériences ont été faites pour deux *Sterigmatocystis*.

Nous ne nous hasarderons pas à étendre à d'autres plantes que les Champignons étudiés les conclusions que nous avons formulées, nous nous contenterons d'avoir indiqué l'influence très grande du milieu sur la forme et la structure des organismes dans les cas que nous venons de signaler.

EXPLICATION DES PLANCHES 12 A 17.

PLANCHE 12.

Fig. 1. — *Sterigmatocystis alba*. Fructification d'une culture sur pomme de terre. Gr. = 600.

Fig. 2. — Cellules de pomme de terre recouvertes par le mycélium du *Sterigmatocystis alba*; *a* : Gr. = 120; *b* : Gr. = 660.

Fig. 3. — Vue d'ensemble du Champignon à un stade antérieur. Gr. = 300.

Fig. 4. — Fructification correspondant à ce stade. Gr. = 1000.

Fig. 5. — Structure du *Sterigmatocystis alba*. Gr. = 720.

a : extrémité d'un filament du thalle, avec noyaux ;

b : portion de filament plus âgé ;

c : premier stade d'une fructification.

PLANCHE 13.

Fig. 6. — *Sterigmatocystis alba*. Fructification jeune d'une culture sur carotte. Gr. 600.

a : mycélium ; *b* : stroma ; *c* : hyphes superficielles.

Fig. 7. — Culture du Champignon développée en sphères dans un tube contenant du jus de carotte qui a été soumis à une agitation continue de faible intensité. Grandeur naturelle.

Fig. 8. — Culture du Champignon développée en sphères plus petites et plus compactes dans un tube contenant du jus de carotte qui a été soumis à une agitation continue intense. Grandeur naturelle.

Fig. 9. — Secteur d'une sphère jeune, montrant le résultat du développement de deux spores, qui occupent le centre. Gr. = 700.

Fig. 10. — Fructification de la culture en liquide agité. Gr. = 350.

a : pied sporifère très cloisonné ;

b : pied sporifère à membrane très épaisse.

Fig. 11. — Portion de sclérote d'une culture en liquide agité. Gr. = 660.

Fig. 12. — Portion de sclérote d'une culture ordinaire âgée. Gr. = 660.

Fig. 13. — Thalle de *Sterigmatocystis alba* cultivé dans du jus de carotte contenant un morceau de bois fixe et soumis à une agitation continue.

PLANCHE 14.

Fig. 14. — *Sterigmatocystis alba*. Vue d'ensemble d'une culture sur glucose. Gr. = 1100.

Fig. 15. — Forme d'adaptation du Champignon à la vie en liquide sucré. Gr. = 1100.

Fig. 16. — Autre forme d'adaptation succédant à la première.
Gr. = 1100.

Fig. 17. — Vue d'ensemble d'une culture du Champignon sur saccharose. Gr. = 1100.

Fig. 18. — Vue d'ensemble d'une culture sur empois d'amidon.
Gr. = 1100.

PLANCHE 15.

Fig. 19. — Vue d'ensemble d'une culture de *Sterigmatocystis alba* sur azotate d'ammoniaque. Gr. = 1000.

Fig. 20. — Vue d'ensemble d'une culture sur azotate de potasse.
Gr. = 1320.

Fig. 21. — Vue d'ensemble d'une culture sur phosphate d'ammoniaque. Gr. = 1000.

Fig. 22. — Vue d'ensemble d'une culture sur gélatine nutritive.
Gr. = 660 A droite sont figurées des hyphes d'une culture faite dans un large tube.

PLANCHE 16.

Fig. 23. — *Penicillium Sacchari*. Vue d'ensemble d'une culture sur glucose. Gr. = 1500 (sans les périthèces).

Fig. 24. — Portion du tissu ascogène d'un jeune périthèce. Gr. = 1320.

Fig. 25. — Vue d'ensemble de la culture du Champignon sur gélatine nutritive. Gr. = 2000.

Fig. 26. — Mycélium d'une culture sur glucose en tube fermé.
Gr. = 1320.

Fig. 27. — Mycélium d'une culture sur azotate de potasse. Gr. = 1320.

PLANCHE 17.

Vue d'ensemble des appareils pour la culture du *Sterigmatocystis alba* en liquide agité.

M : moteur à eau.

B : ballon de culture agité par le mouvement de ce moteur.

B' : ballon fixe.

R : roue tournant d'un mouvement lent et portant un paquet de tubes de cultures, à côté se trouve un paquet identique fixe.

E : électro-aimant.

T : tube de culture relié à l'interrupteur de l'électro-aimant et secoué par les battements de l'interrupteur.

SECONDE THÈSE

PROPOSITIONS DONNÉES PAR LA FACULTÉ

ZOOLOGIE. — Du Mésoderme ; son origine, formation du cœlome.

GÉOLOGIE. — Terrains Jurassiques du Boulonnais.

Vu et approuvé :

Paris, le 28 avril 1897,

Le Doyen de la Faculté des Sciences,

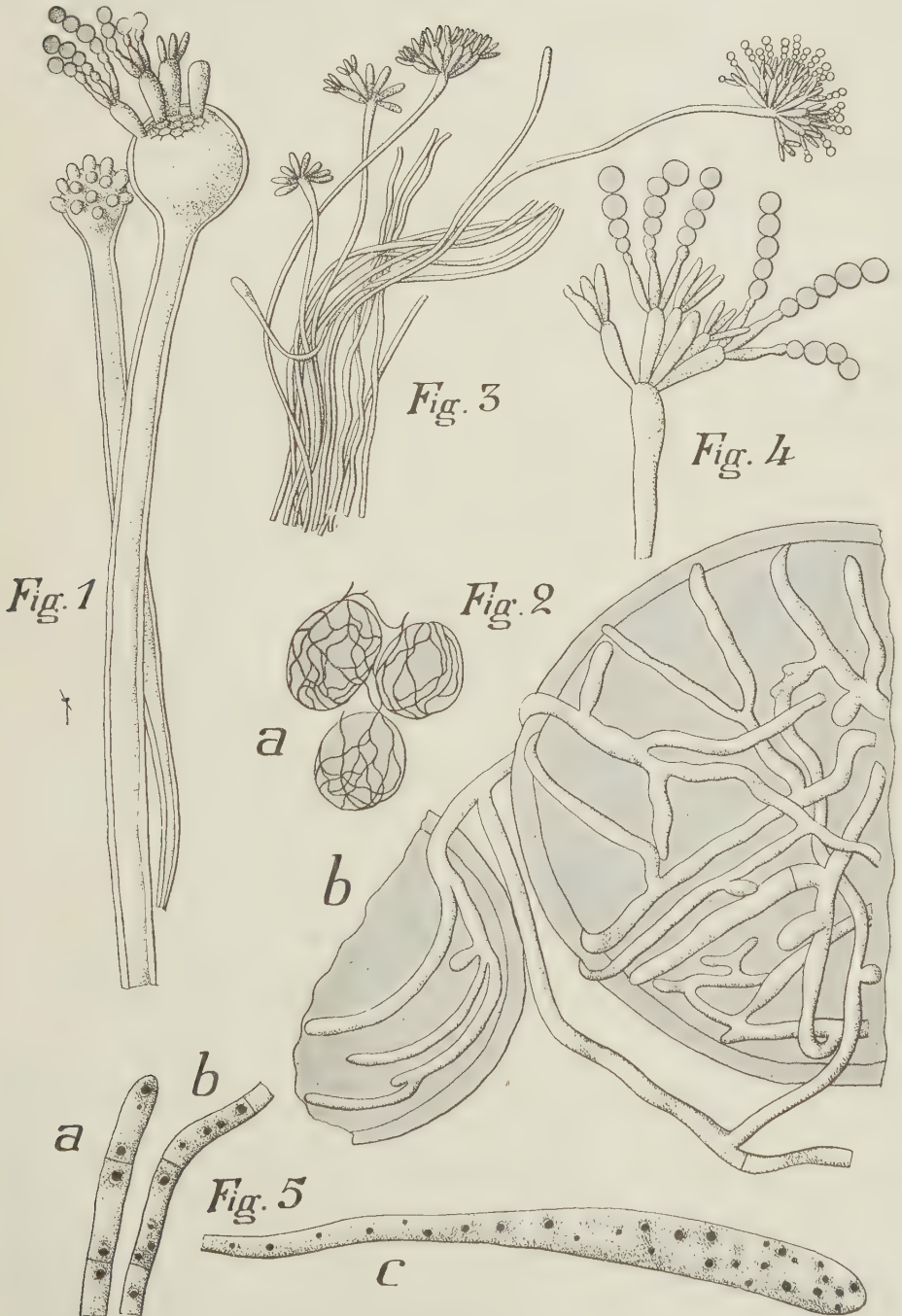
G. DARBOUX.

Vu et permis d'imprimer,

Le Vice-Recteur de l'Académie de Paris,

GRÉARD.

LILLE. — IMP. LE BIGOT FRÈRES.

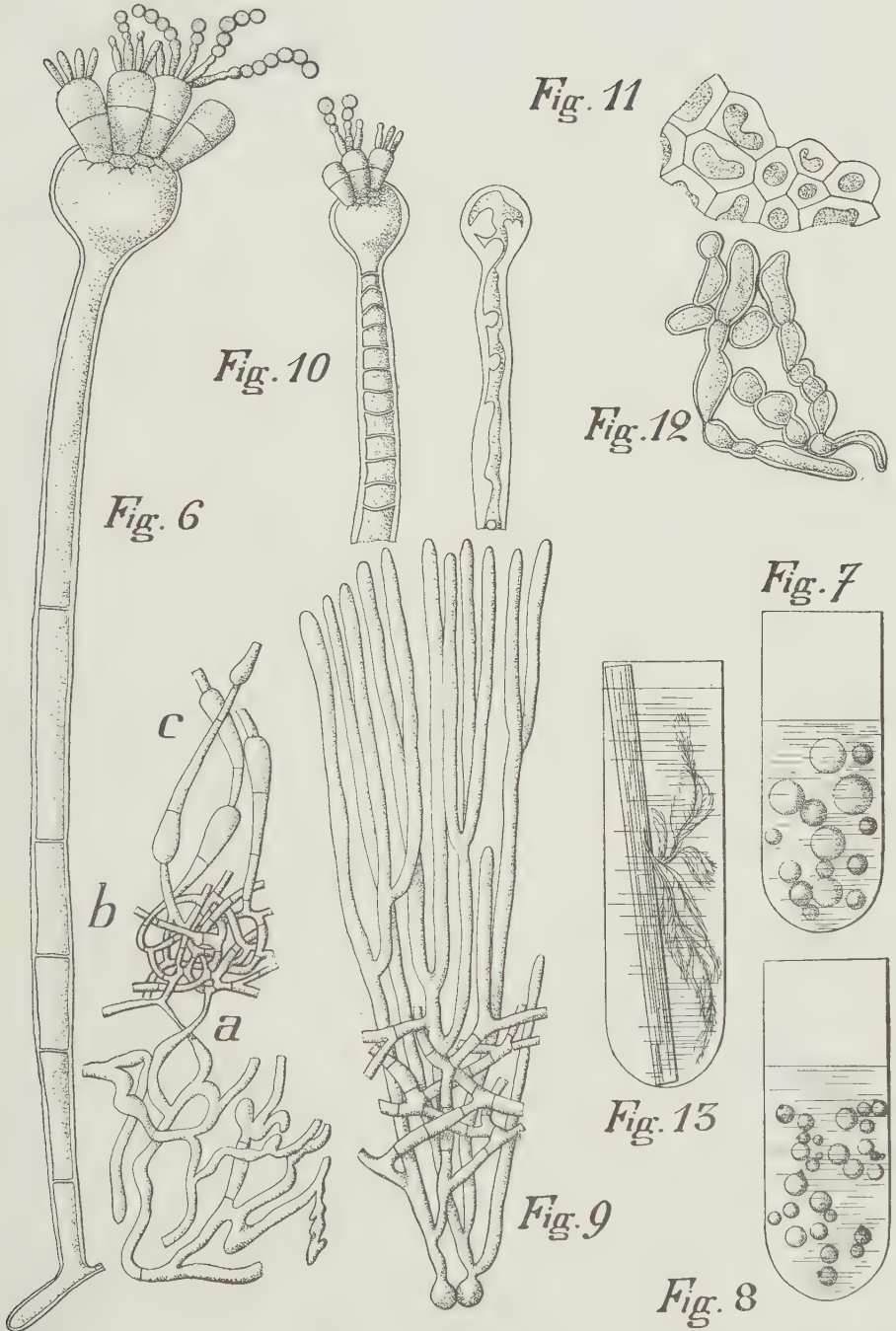


J. Ray del.

Imp. Le Bigot frères.

A. Bertin sc.

Sterigmatocystis alba.



J. Ray del.

Imp. Le Bigot frères.

A. Bertin sc.

Sterigmatocystis alba.

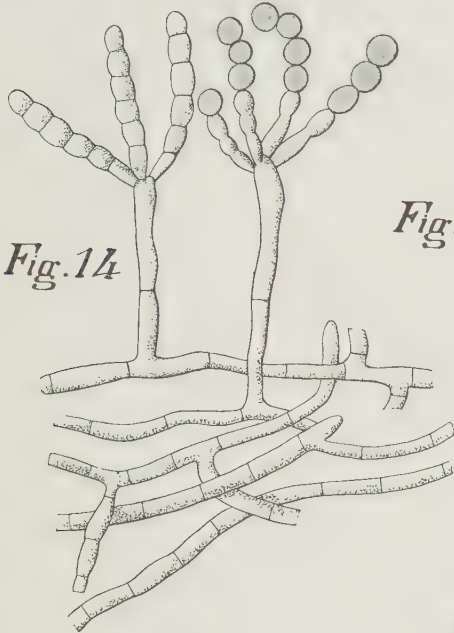


Fig. 14

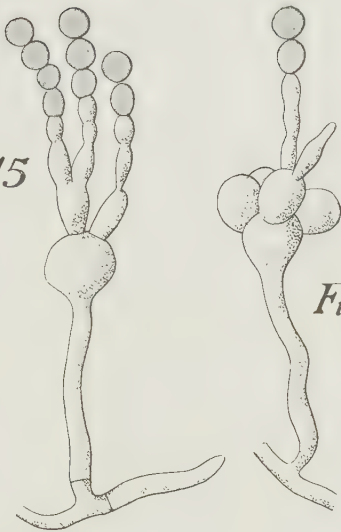


Fig. 15

Fig. 16

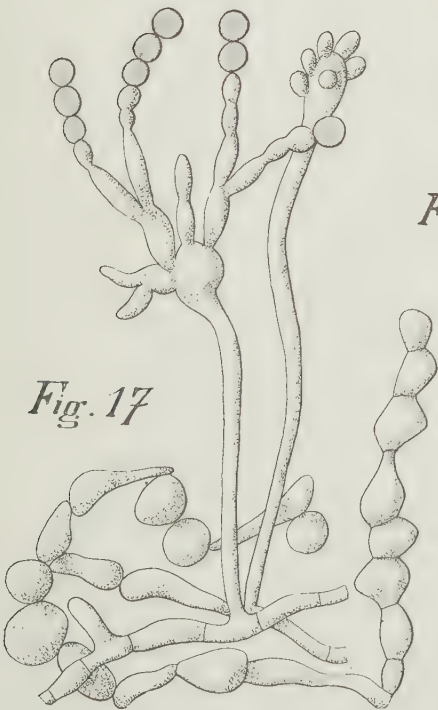


Fig. 17

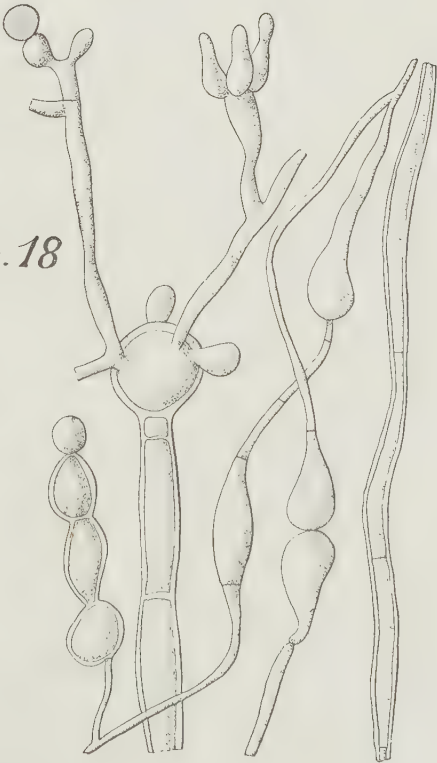


Fig. 18

J. Ray del.

Imp. Le Bigot frères.

A. Bertin sc.

Sterigmatocystis alba.

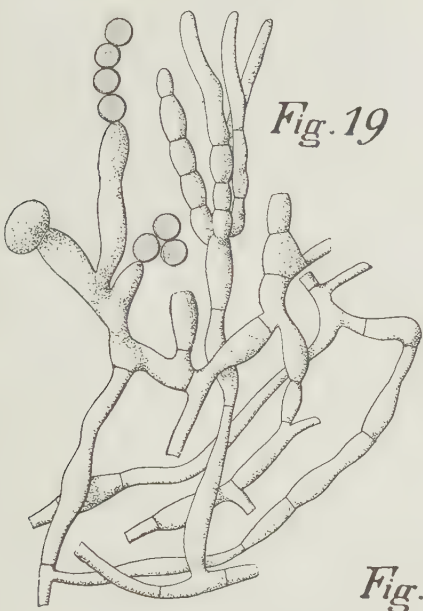


Fig. 19



Fig. 20

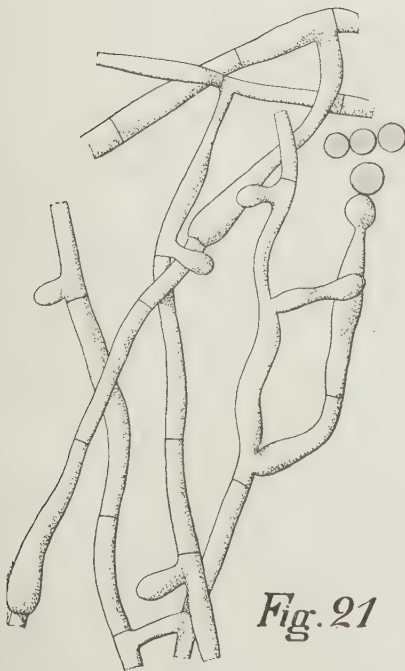


Fig. 21



Fig. 22

J. Ray del.

Imp. Le Bigot frères.

A. Bertin sc.



Fig. 23

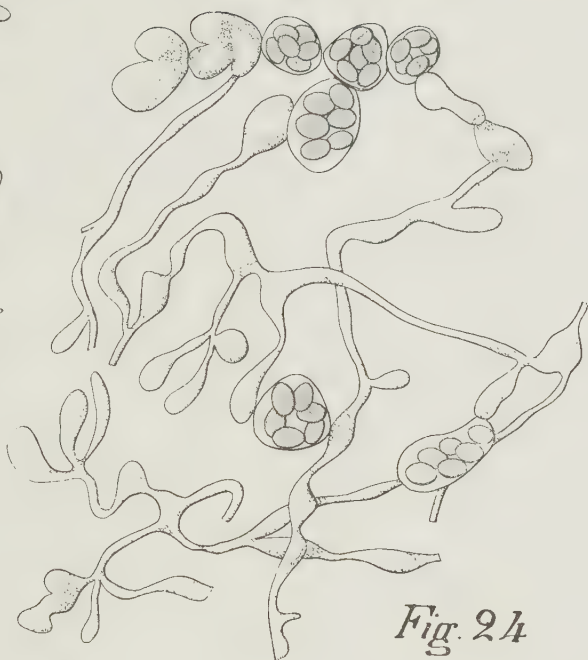


Fig. 24

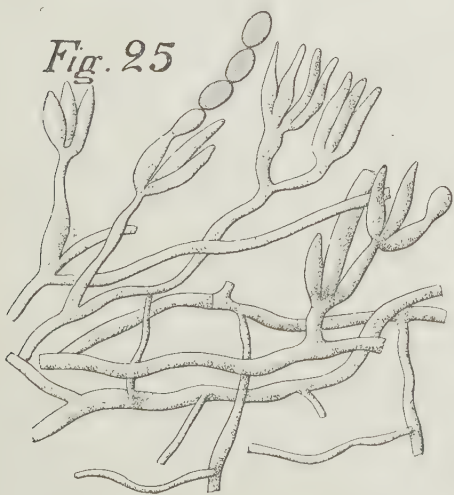


Fig. 25

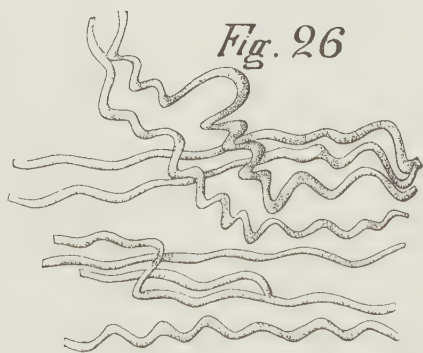


Fig. 26



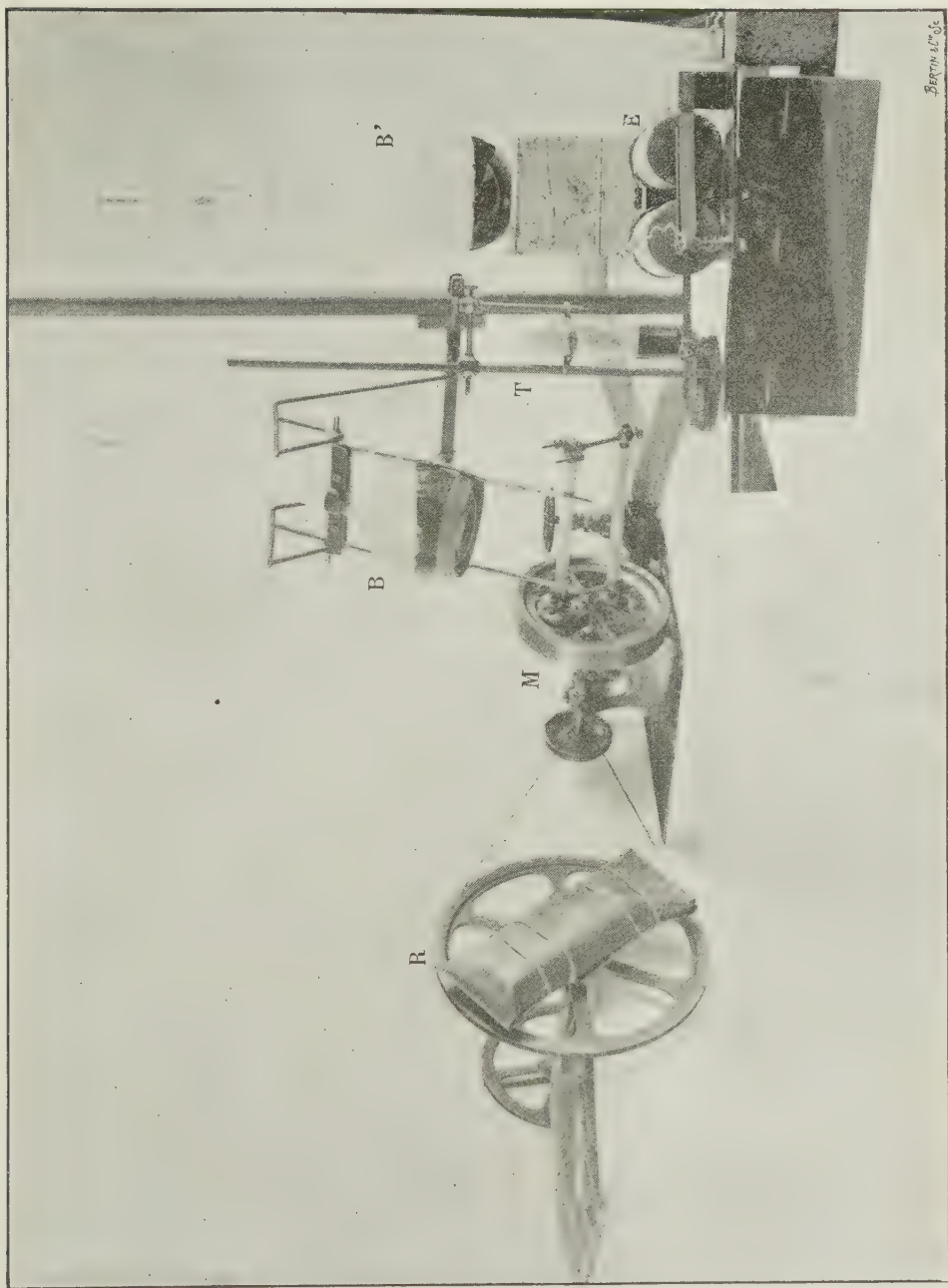
Fig. 27

J. Ray del.

Imp. Le Bigot frères.

A. Bertin sc.

Penicillium Sacchari.



J. Ray, phot.

Imp. Le Bigot frères.

A. Bertin sc.

Appareils pour cultures en liquides agités.

